



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## LÁVKA PRO PĚŠÁKY V KYJOVĚ

FOOTBRIDGE IN KYJOV

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

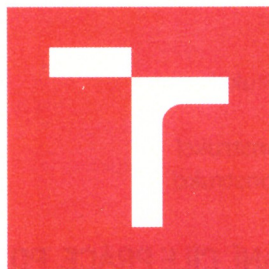
Bc. Jan Malešák

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2017



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	N3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
PRACOVISŤE	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

DIPLOMANT	Bc. Jan Maleňák
NÁZEV	Lávka pro pěší v Kyjově
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	Ing. Jan Barnat, Ph.D.
DATUM ZADÁNÍ	31. 3. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

- [1] ČSN EN 1990- Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991- Zatížení konstrukcí
- [3] ČSN EN 1993- Navrhování ocelových konstrukcí
- [4] ČSN EN 1995- Navrhování dřevěných konstrukcí

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

Vypracujte návrh nosné konstrukce lávky pro pěší a cyklisty přes železniční trať v Kyjově. Rozpětí pole lávky je minimálně 18 m. Nosnou konstrukci vypracujte v předběžném návrhu ve dvou variantách. S vjezdem servisního vozidla nebude uvažováno. Pro detailní řešení zvolte vhodně jednu z variant. Pro nosnou konstrukci zvolte ocel řady S355 nebo S420, popřípadě dle návrhu variant v kombinaci s konstrukčním dřevem.

Vypracujte statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce včetně řešení směrných detailů. Vypracujte technickou zprávu a výkresovou dokumentaci v rozsahu specifikovaném vedoucím práce.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

**VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:**

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



**Ing. Jan Barnat, Ph.D.**

Vedoucí diplomové práce





**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVNÝCH KONSTRUKCÍ**  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

**LÁVKA PRO PĚŠÁKY V KYJOVĚ**  
FOOTBRIDGE IN KYJOV

## **ČÁST A – ÚVODNÍ DOKUMENT**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**                      Bc. Jan Malešák  
AUTHOR

**VEDOUCÍ PRÁCE**                      Ing. JAN BARNAT, Ph.D.  
SUPERVISOR

BRNO 2017



## POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

**Vedoucí práce** Ing. Jan Barnat, Ph.D.

**Autor práce** Bc. Jan Malec

**Škola** Vysoké učení technické v Brně

**Fakulta** Stavební

**Ústav** Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

**Studijní obor** 3607T009 Konstrukce a dopravní stavby

**Studijní program** N3607 Stavební inženýrství

**Název práce** Lávka pro pěší v Kyjově

**Název práce  
v anglickém  
jazyce** Footbridge in Kyjov

**Typ práce** Diplomová práce

**Přidělovaný titul** Ing.

**Jazyk práce** čeština

**Datový formát  
elektronické  
verze** PDF

**Abstrakt práce** Náplní diplomové práce je návrh ocelové, nosné konstrukce lávky pro pěší a cyklisty. Lávka přemostuje železniční trať v Kyjově. Budou vypracovány dvě varianty řešení nosné konstrukce. Výsledná varianta bude podrobně zpracována. Jedná se o lávku s celkovým rozpětím 35 m a šířkou 3 m. Nosnou konstrukci tvoří dva obloukové, hlavní nosníky, které jsou spojené s mostovkou pomocí závěsů. Stabilita konstrukce je zajištěna podélným ztužením pod mostovkou a mezi oblouky. Posudky konstrukce byly prováděny dle platných norem.

**Abstrakt práce  
v anglickém  
jazyce** The content of diploma thesis is design of the construction of steel footbridge for pedestrians and cyclists. The footbridge is across the railway in Kyjov. The design will be processed in two options of structure. The selected option will be developed in greater detail. The span of footbridge is 35 m and the width is 3 m. The construction is made by two arched beams which are connected to the bridge deck by suspenders. The stability of the construction is provided by longitudinal bracing under the bridge deck and the bracing between the arched beams. The assessment of the structure was made according to valid standards.

**Klíčová slova** lávka pro pěší a cyklisty, ocelová konstrukce, obloukový most, mostovka, svar

**Klíčová slova  
v anglickém  
jazyce** footbridge for pedestrians and cyclists, steel construction, arched bridge, bridge deck, weld

## ABSTRAKT

Náplní diplomové práce je návrh ocelové, nosné konstrukce lávky pro pěší a cyklisty. Lávka přemostuje železniční trať v Kyjově. Budou vypracovány dvě varianty řešení nosné konstrukce. Výsledná varianta bude podrobně zpracována. Jedná se o lávku s celkovým rozpětím 35 m a šířkou 3 m. Nosnou konstrukci tvoří dva obloukové, hlavní nosníky, které jsou spojené s mostovkou pomocí závěsů. Stabilita konstrukce je zajištěna podélným ztužením pod mostovkou a mezi oblouky. Posudky konstrukce byly prováděny dle platných norem.

## KLÍČOVÁ SLOVA

lávka pro pěší a cyklisty, ocelová konstrukce, obloukový most, mostovka, svar

## ABSTRACT

The content of diploma thesis is design of the construction of steel footbridge for pedestrians and cyclists. The footbridge is across the railway in Kyjov. The design will be processed in two options of structure. The selected option will be developed in greater detail. The span of footbridge is 35 m and the width is 3 m. The construction is made by two arched beams which are connected to the bridge deck by suspenders. The stability of the construction is provided by longitudinal bracing under the bridge deck and the bracing between the arched beams. The assessment of the structure was made according to valid standards.

## KEYWORDS

footbridge for pedestrians and cyclists, steel construction, arched bridge, bridge deck, weld

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Jan Malešák *Lávka pro pěší v Kyjově*. Brno, 2017. 118 s., 24 s. p. il. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Barnat, Ph.D.



## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 1. 1. 2017

---

Bc. Jan Malý  
autor práce

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 1. 1. 2017

---

Bc. Jan Malý  
autor práce

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Barnatovi, Ph.D. za poskytnutí cenných rad, zodpovězení všech dotazů a za celkové vedení při mé diplomové práci.

Dále děkuji rodičům, kteří mi umožnili studovat na vysoké škole a za jejich podporu po celou dobu studia.

Jan Maleňák



**Obsah bakalářské práce:**

**A – Úvodní dokument**

**B – Porovnání variant**

**C – Statický výpočet**

**D – Technická zpráva**

**E – Přílohy**

**F – Výkresová dokumentace**

1. Přehledná situace
2. Přehledný výkres
3. Příčné řezy
4. Pohledy a řezy
5. Detaily



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

**LÁVKA PRO PĚŠÁKY V KYJOVĚ**  
FOOTBRIDGE IN KYJOV

## **ČÁST B – POROVNÁNÍ VARIANT**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**                      Bc. Jan Malešák  
AUTHOR

**VEDOUCÍ PRÁCE**                      Ing. JAN BARNAT, Ph.D.  
SUPERVISOR

**BRNO 2017**



Obsah

1.	Varianta A.....	1
1.1.	Popis konstrukce.....	1
1.1.1.	Hlavní nosník .....	1
1.1.2.	Diagonály .....	1
1.1.3.	Příčnice .....	1
1.1.4.	Podélné podmostvkové ztužení .....	1
1.2.	Geometrie konstrukce .....	2
1.2.1.	Půdorys .....	2
1.2.2.	Pohled zprava .....	2
1.3.	Výpočtový model .....	2
1.4.	Zatížení.....	3
1.4.1.	Stálé .....	3
1.4.1.1.	Vlastní tíha .....	3
1.4.1.2.	Ostatní stálé .....	3
1.4.2.	Proměnné .....	3
1.4.2.1.	Zatížení větrem .....	3
1.4.2.1.1.	Rychlost větru a dynamický tlak .....	3
1.4.2.1.2.	Síly ve směru X – zjednodušená metoda .....	4
1.4.2.1.3.	Síly ve směru Z – zjednodušená metoda .....	5
1.4.2.2.	Zatížení davem lidí .....	5
1.5.	Zatěžovací stavy .....	5
1.5.1.	Vlastní tíha .....	6
1.5.2.	Ostatní stálé.....	6
1.5.3.	Vítr x,z-.....	6
1.5.1.	Plný dav lidí.....	7
1.6.	3D model.....	7
2.	Varianta B.....	8
2.1.	Popis konstrukce.....	8
2.1.1.	Hlavní obloukové nosníky.....	8
2.1.2.	Hlavní nosníky mostovky .....	8
2.1.3.	Příčnice .....	8
2.1.4.	Podélné podmostvkové ztužení .....	8
2.1.5.	Závěsy .....	9
2.1.6.	Zavětrování oblouků.....	9
2.2.	Geometrie konstrukce .....	9
2.2.1.	Půdorys .....	9
2.2.2.	Pohled zprava .....	9
2.3.	Výpočtový model .....	9
2.4.	Zatížení.....	10
2.4.1.	Stálé .....	10
2.4.1.1.	Vlastní tíha .....	10
2.4.1.2.	Ostatní stálé .....	10
2.4.2.	Proměnné .....	11
2.4.2.1.	Zatížení větrem - mostovka.....	11



2.4.2.1.1.	Rychlost větru a dynamický tlak .....	11
2.4.2.1.2.	Síly ve směru X – zjednodušená metoda .....	12
2.4.2.1.3.	Síly ve směru Z – zjednodušená Metoda .....	12
2.4.2.2.	Zatížení větrem - oblouk .....	13
2.4.2.2.1.	Rychlost větru a dynamický tlak .....	13
2.4.2.2.2.	Síly ve směru X – zjednodušená metoda .....	14
2.4.2.3.	Zatížení davem lidí .....	15
2.5.	Zatěžovací stavy .....	16
2.5.1.	Vlastní tíha .....	16
2.5.2.	Ostatní stálé .....	16
2.5.3.	Vítr x,z- .....	16
2.5.4.	Plný dav lidí .....	17
2.1.	3D model .....	17
3.	Porovnání variant .....	18
3.1.	Výkaz materiálu .....	18
3.1.1.	Varianta A – příhrada .....	18
3.1.2.	Varianta B - oblouk .....	18
3.2.	Další kritéria .....	19
4.	Vyhodnocení .....	19

## 1. Varianta A

### 1.1. Popis konstrukce

Jedná se o lávku pro pěší a cyklisty, která přemostňuje železniční trať ve městě Kyjov. Celkem se lávka skládá ze dvou stejných příhradových polí. V rámci diplomové práce bude posouzeno pouze jedno pole. Výška lávky nad původním terénem se odvíjí od dodržení VMP na trati. Zároveň bude dodržen průchozí prostor pro chodce a cyklisty, který je roven 2,5 m.

Varianta A se skládá ze dvou příhradových hlavních nosníků o rozpětí 24,0 m a šířce 3,0 m. Mostovka je prvková a skládá se z příčníků a podélného ztužení v úrovni mostovky. Jako konstrukční materiál byla zvolena ocel S355 J2 N. Konstrukce je uložena na elastomerová ložiska na betonových pilířích.

#### 1.1.1. Hlavní nosník

Horní i dolní pás hlavního nosníku se skládá ze svařovaného pí průřezu a je 1x odstupňovaný zesílením pásnice. Celková délka horního pásu je 27,2 m, včetně krajních šikmých prutů. Délka dolního pásu je rovna celkovému rozpětí konstrukce 24,0 m.

#### 1.1.2. Diagonály

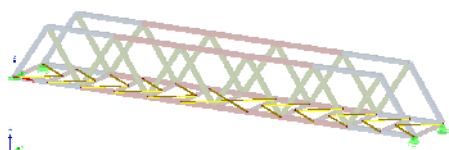
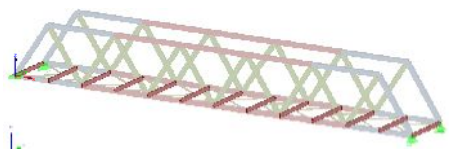
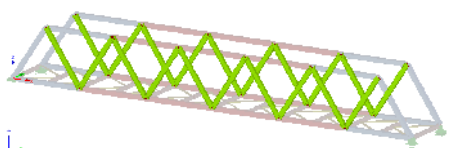
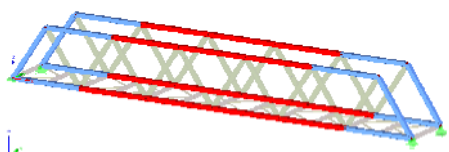
Na celé konstrukci bude použit jeden typ průřezu. Diagonály jsou tvořeny svařovanými I profily. Spojení s hlavním nosníkem bude provedeno svařením.

#### 1.1.3. Příčníky

Jednotlivé příčníky jsou po osových vzdálenostech 2,0 m. Tvoří je profily I 220. Délka příčníků odpovídá šířce lávky, tedy 3,0 m.

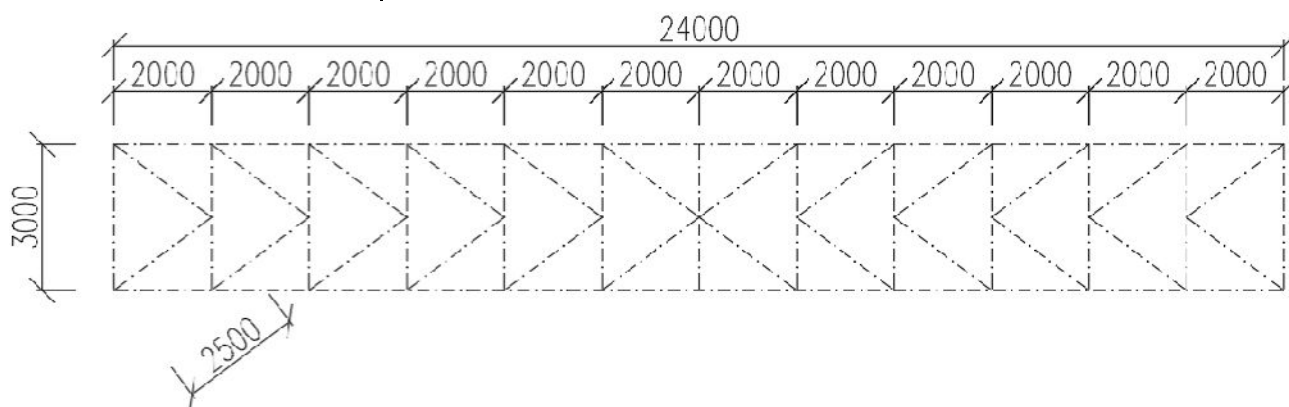
#### 1.1.4. Podélné podmostvkové ztužení

Podélné podmostvkové ztužení, které je tvořeno polopříčkovou soustavou, je umístěné v horní rovině mezi příčnými. Navrženy jsou dvojice svařených L profilů. Délka jednoho prutu je 2,5 m.

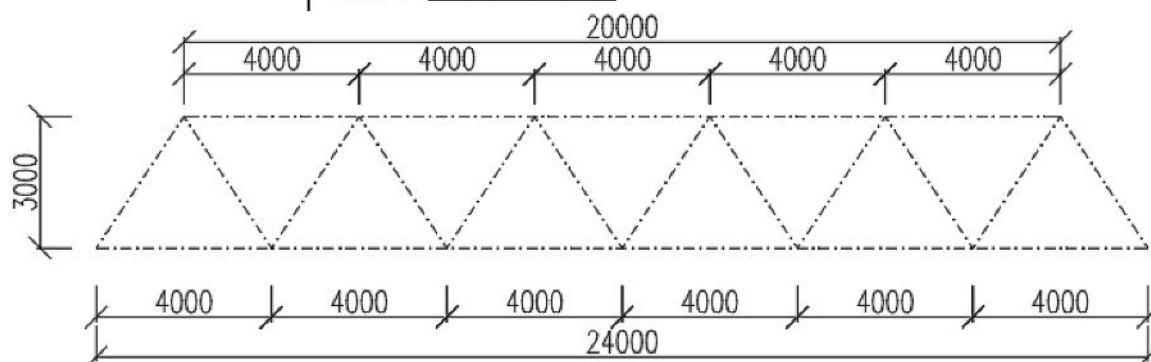


## 1.2. Geometrie konstrukce

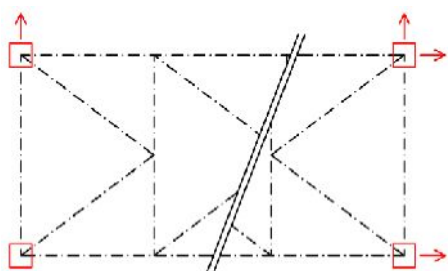
### 1.2.1. Půdorys



### 1.2.2. Pohled zprava

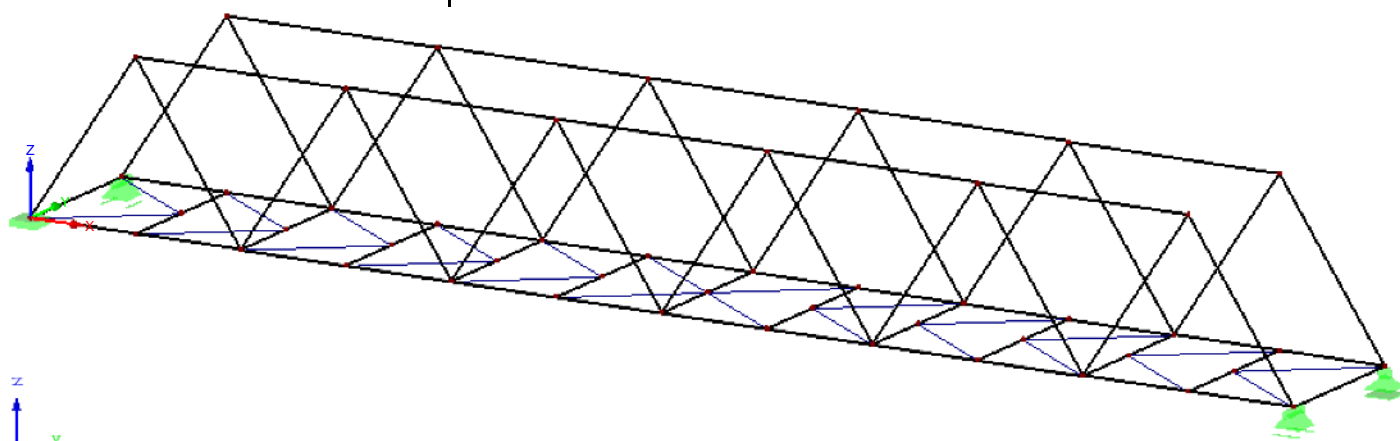


## 1.3. Výpočtový model

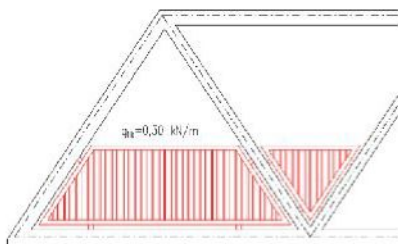


Výpočtový model byl vytvořen v programu RFEM verze 5.01. Pruty na celém modelu byly vymodelovány jako pruty typu nosník. Pouze podélné ztužení bylo definováno jako příhradové pruty.

Uložení na uzlové podpory bylo zvoleno tak, že jedna podpora byla vymodelována jako vetknutí. Další dvě s možností posunu v jednom směru a čtvrtá s možností posunu v obou směrech.







## 1.4. Zatížení

### 1.4.1. Stálé

#### 1.4.1.1. Vlastní tíha

Vlastní tíha je generována programem RFEM.

#### 1.4.1.2. Ostatní stálé

- **Zábradlí**

Zábradlí bude svařené z ocelových trubek dvou různých profilů.

$$g_{1k} = 0,30 \text{ kN/m}$$

- **Mostovka**

Mostovka se bude skládat z plechu o tloušťce 10,0 mm a izolačního postřiku.

$$g_{2k} = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

### 1.4.2. Proměnné

#### 1.4.2.1. Zatížení větrem

##### 1.4.2.1.1. Rychlost větru a dynamický tlak

Lokalita Kyjov

větrná oblast II

Kategorie terénu II

- **Základní rychlost větru**

*Výchozí základní rychlost větru*

$$V_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

*Součinitel směru větru*

$$C_{dir} = 1,0$$

*Součinitel ročního období*

$$C_{season} = 1,0$$

*Základní rychlost větru*

$$V_b = V_{b,0} \times C_{dir} \times C_{season} = 25 \times 1,0 \times 1,0 = 25 \text{ m/s}$$

- **Střední rychlost větru**

*Výška nad terénem*

$$z = 5,2 \text{ m}$$

*Parametr drsnosti terénu (dle tab 4.1)*

$$z_0 = 0,05$$

Minimální výška (dle tab 4.1)

$$Z_{\min} = 2,0 \text{ m}$$

Součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \times \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left( \frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19$$

Součinitel drsnosti

$$c_r(z) = k_r \times \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0,19 \times \ln \left( \frac{5,2}{0,05} \right) = 0,882$$

Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_0(z) \times v_b = 0,882 \times 1,0 \times 25 = 22,06 \text{ m/s}$$

- Turbulence větru**

Součinitel ortografie

$$C_0 = 1,0$$

Součinitel turbulence

$$k_1 = 1,0$$

Intenzita turbulence

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \times \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)} = \frac{1,0}{1,0 \times \ln \left( \frac{5,2}{0,05} \right)} = 0,215$$

- Maximální dynamický tlak**

Měrná hmotnost vzduchu

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

Maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = \left[ 1 + 7 \times I_v(z) \right] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z) = \left[ 1 + 7 \times 0,215 \right] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 22,06^2 = 0,76 \text{ kN/m}^2$$

## 1.4.2.1.2. Síly ve směru X – zjednodušená metoda

Šířka konstrukce

$$b = 3,45 \text{ m}$$

Výška konstrukce

$$d_{\text{tot}} = 3,20 \text{ m}$$

Poměr šířka/výška

$$\frac{b}{d_{\text{tot}}} = \frac{3,45}{3,20} = 1,08$$

Součinitel síly bez vlivu proudění kolem volných konců

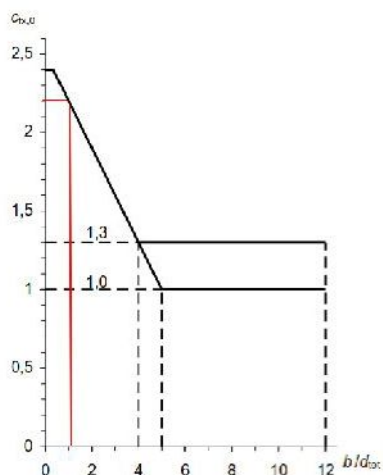
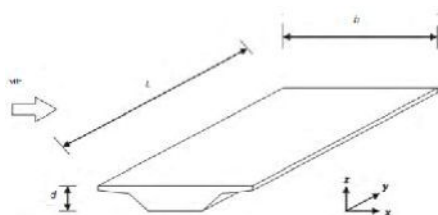
$$C_{f,x0} = 2,2$$

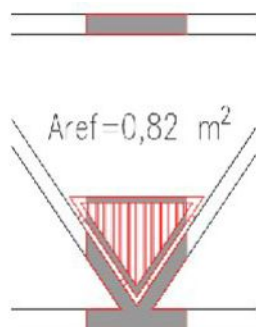
Součinitel sil

$$C_{f,x} = C_{f,x0} = 2,2$$

Referenční plocha

$$A_{\text{ref}} = 0,82 \text{ m}^2$$





Základní dynamický tlak

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 = 0,391 \text{ kN/m}^2$$

Součinitel expozice

$$c_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{0,76}{0,39} = 1,95$$

Součinitel zatížení větrem

$$C = c_e \cdot C_{f,x} = 1,95 \times 2,20 = 4,30$$

Síla větru

$$f_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C \times A_{ref} = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 \times 4,30 \times 0,82 = 1,38 \text{ kN/m}^2$$

## 1.4.2.1.3. Síly ve směru Z – zjednodušená metoda

Součinitel síly bez vlivu proudění kolem volných konců

$$C_{f,z0} = 0,9$$

Součinitel sil

$$C_{f,z} = C_{f,z0} = 0,9$$

Šířka lávky

$$b = 3,00 \text{ m}$$

Délka lávky

$$L = 24,00 \text{ m}$$

Referenční plocha

$$A_{ref} = b \times L = 3,00 \times 24,00 = 72,00 \text{ m}^2$$

Součinitel zatížení větrem

$$C = c_e \cdot C_{f,x} = 1,95 \times 0,90 = 1,76$$

Síla větru na celou lávku

$$F_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C \times A_{ref} = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 \times 1,76 \times 72,00 = 49,42 \text{ kN/m}^2$$

Síla větru na m²

$$f_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 \times 1,76 = 0,69 \text{ kN/m}^2$$

## 1.4.2.2. Zatížení davem lidí

Zatížení davem lidí uvažujeme jako rovnoměrné zatížení již zahrnující dynamický součinitel) rovné 5,0 kN/m².

$$q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

## 1.5. Zatěžovací stavy

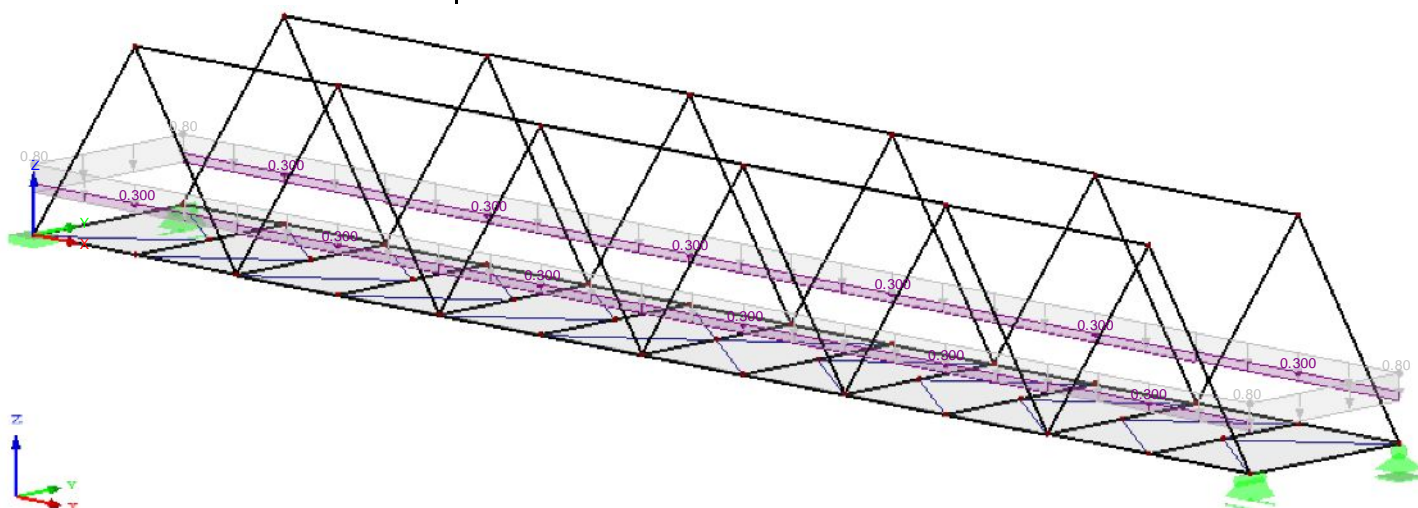
Pro předběžný návrh porovnání obou variant byla konstrukce zatížena pouze vlastní tíhou, ostatním stálým zatížením, zatížením od větru a zatížením od plného davu lidí. Ve statické výpočtu vybrané varianty bude konstrukce zatížena všemi zatěžovacími stavy dle ČSN EN.

Existující zatěžovací stavy

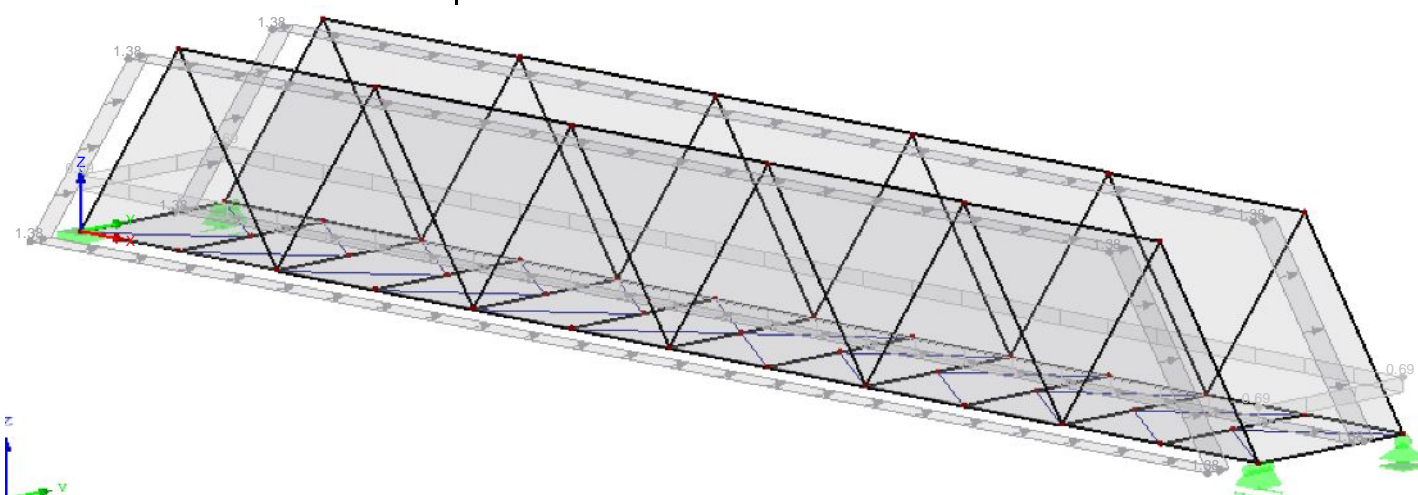
<b>G</b>	<b>ZS1</b>	vlastní tíha
<b>G</b>	<b>ZS2</b>	ostatní stálé
<b>Qw</b>	<b>ZS3</b>	větr x, z-
<b>Qi F</b>	<b>ZS5</b>	plný dav

**1.5.1. Vlastní tíha**

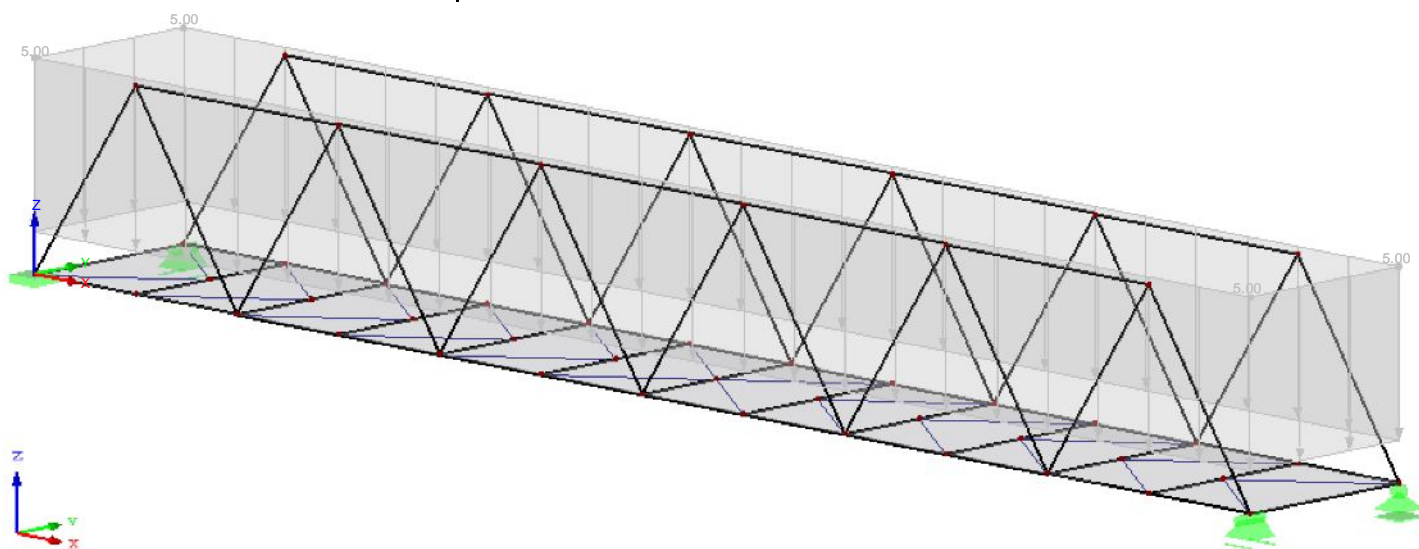
**1.5.2. Ostatní stálé**



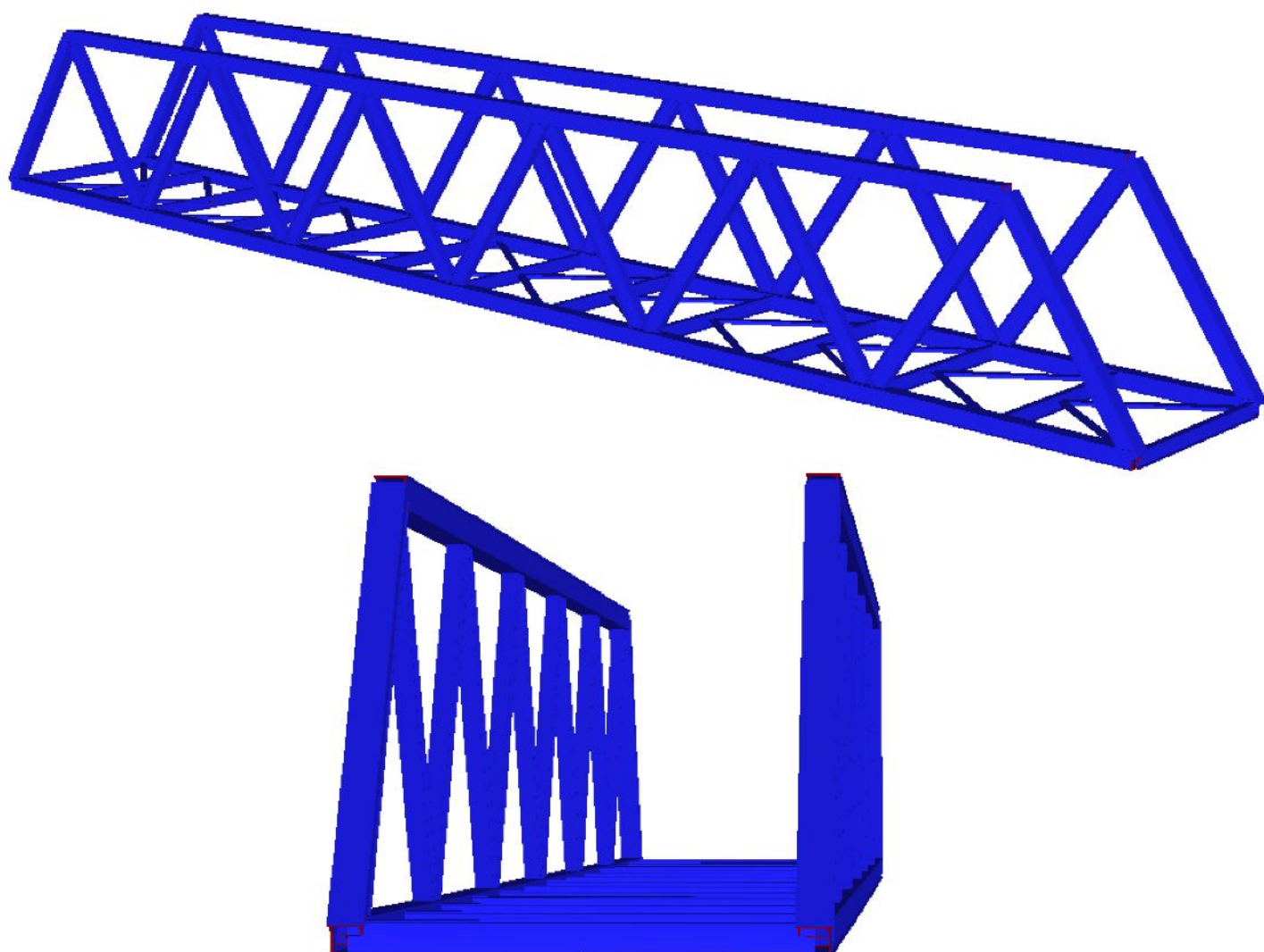
**1.5.3. Vítr x,z-**



**1.5.1. Plný dav lidí**



**1.6. 3D model**





## 2. Varianta B

### 2.1. Popis konstrukce

Jedná se o lávku pro pěší a cyklisty, která přemostňuje železniční trať ve městě Kyjov. Celkem se lávka skládá ze dvou samostatných konstrukcí. Na pole s větším rozpětím je navržena konstrukce s obloukovým hlavním nosníkem. Komunikaci přilehající k dráze bude překonávat betonová deska o rozpětí 13,0 m. V rámci diplomové práce bude posouzeno pouze pole s obloukovým hlavním nosníkem. Výška lávky nad původním terénem se odvíjí od dodržení VMP na trati. Zároveň bude dodržen průchozí prostor pro chodce a cyklisty, který je roven 2,5 m.

Varianta B je lávka tvořena tuhým obloukem o rozpětí 35,0 m a šířce 3,0 m. Prvková mostovka se skládá z příčníků, podélníků a podélného ztužení. Horní zavětrování je tvořeno portály, příčlemi a podélným ztužením. Jako konstrukční materiál byla zvolena ocel S355 J2 N. Konstrukce je uložena na elastomerová ložiska na betonových pilířích.

#### 2.1.1. Hlavní obloukové nosníky

Hlavní nosníky tvoří dva oblouky o poloměru 28,5 m a vzepětí 6,0 m. Rozpětí lávky je 35,0 m. Oblouky jsou tvořeny uzavřenými, obdélníkovými profily.

#### 2.1.2. Hlavní nosníky mostovky

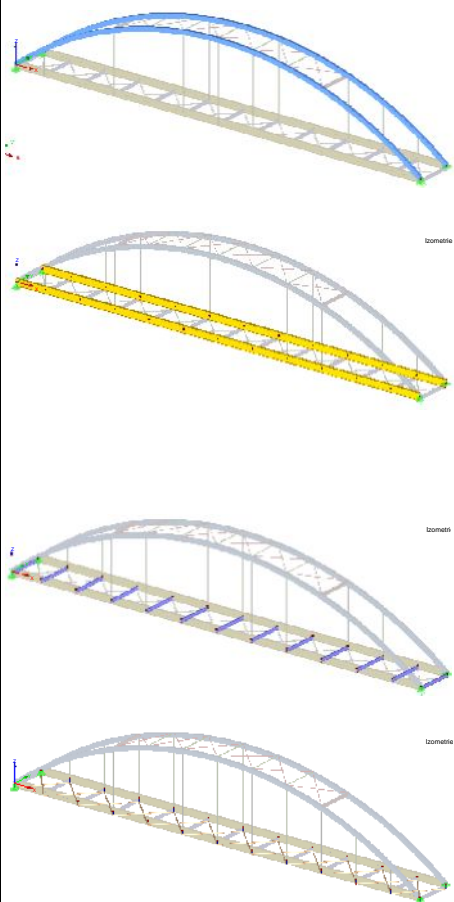
Hlavní nosníky mostovky tvoří dva svařované I profily o výšce 0,6 m. Délka odpovídá celkovému rozpětí konstrukce tedy 35,0 m. Na obou koncích budou hlavní nosníky mostovky navazovat na hlavní obloukové nosníky a v místě styku vyztuženy.

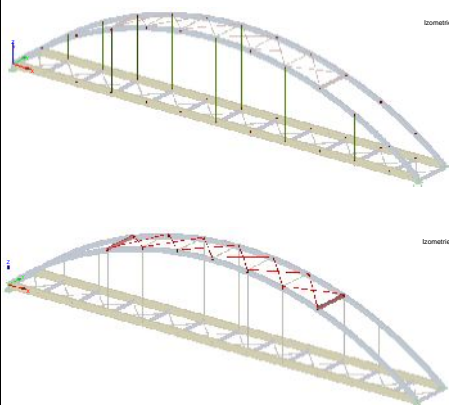
#### 2.1.3. Příčníky

Krajní příčníky jsou od podpor v osově vzdálenosti 2,5 m. Dále pak po 3,0 m. Délka příčníku odpovídá šířce lávky, tedy 3,0 m. Ve spodní rovině příčníků bude umístěno podélné, podmostvkové ztužení.

#### 2.1.4. Podélné podmostvkové ztužení

Podélné podmostvkové ztužení bude tvořit dvojice kruhových trubek. V místě křížení bude spojení provedeno pomocí styčnickových plechů.





## 2.1.5. Závěsy

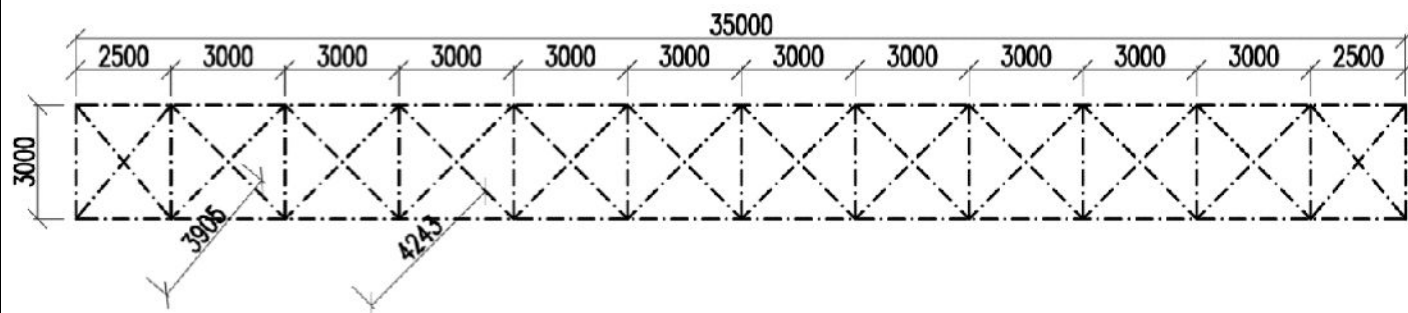
Závěsy jsou realizovány systémem Macalloy. Průměr závěsu je 24 mm. Kotveny budou pomocí systémových hlavíc a styčnickového plechu.

## 2.1.6. Zavětrování oblouků

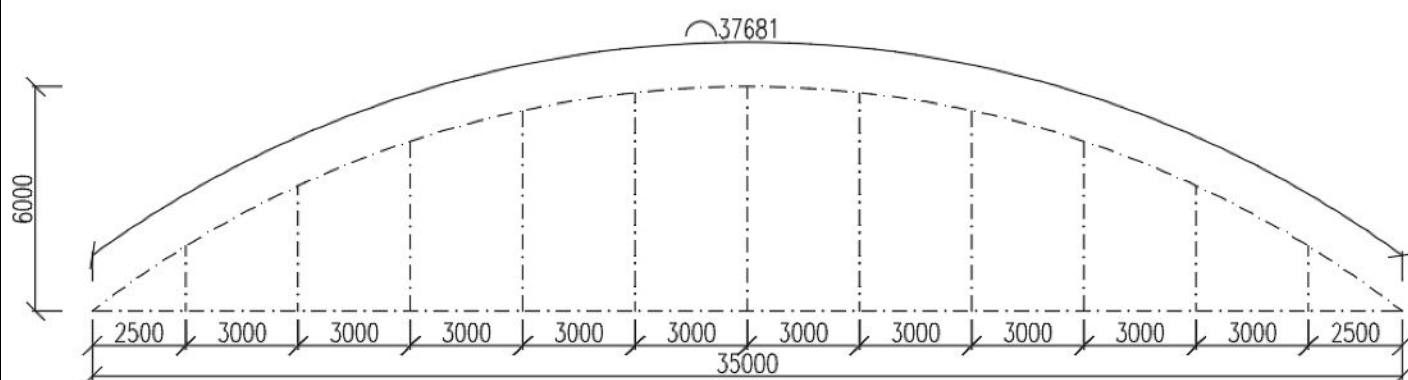
Ztužení v úrovni obloukových nosníků bude tvořeno uzavřenými profily. Portály jsou ze čtvercovými trubkami o výšce 200 mm. Příčle a ztužení pak bude z kruhových trubek.

## 2.2. Geometrie konstrukce

### 2.2.1. Půdorys

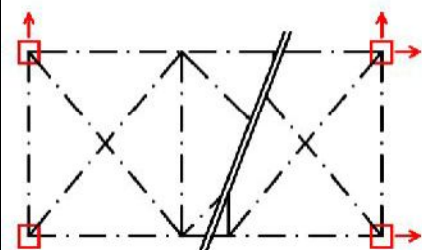


### 2.2.2. Pohled zprava

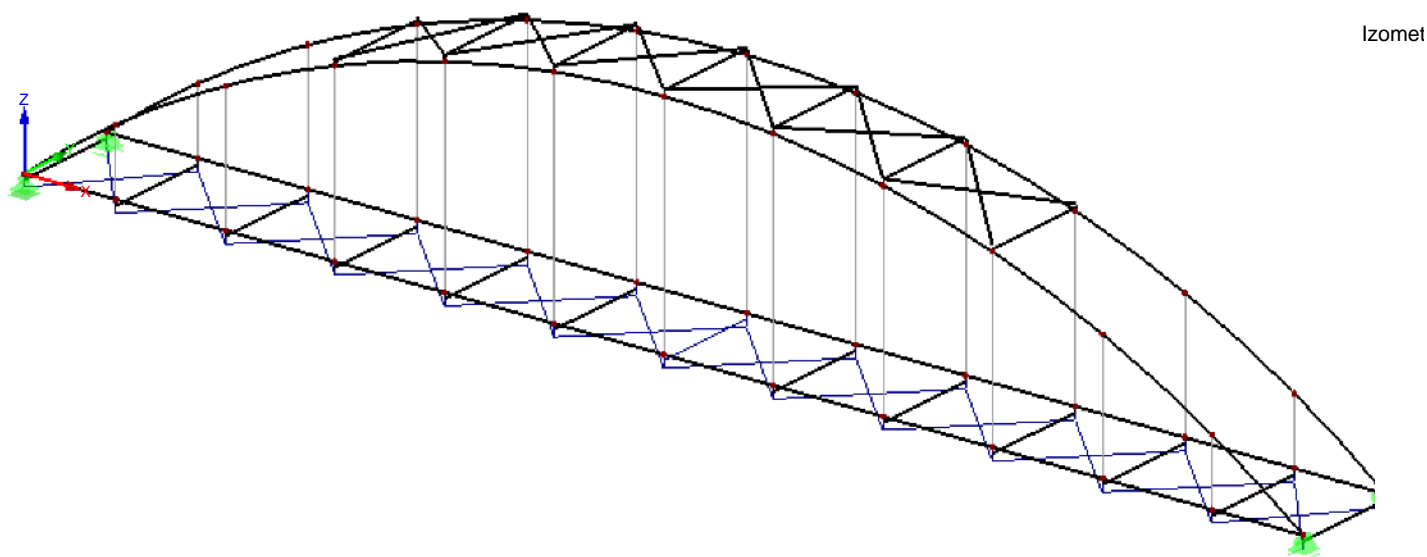


## 2.3. Výpočtový model

Výpočtový model byl vytvořen v programu RFEM verze 5.01. Pruty na celém modelu byly vymodelovány jako pruty typu nosník. Pouze podélné ztužení bylo definováno jako příhradové pruty.



Uložení na uzlové podpory bylo zvoleno tak, že jedna podpora byla vymodelována jako vetknutí. Další dvě s možností posunu v jednom směru a čtvrtá s možností posunu v obou směrech.



## 2.4. Zatížení

### 2.4.1. Stálé

#### 2.4.1.1. Vlastní tíha

Vlastní tíha je generována programem RFEM.

#### 2.4.1.2. Ostatní stálé

- **Zábradlí**

Zábradlí bude svařené z ocelových trubek dvou různých profilů.  
 $g_{1k} = 0,30 \text{ kN/m}$

- **Mostovka**

- Železobetonová deska o tloušťce 100,00 mm.

$g_k = 2,50 \text{ kN/m}^2$

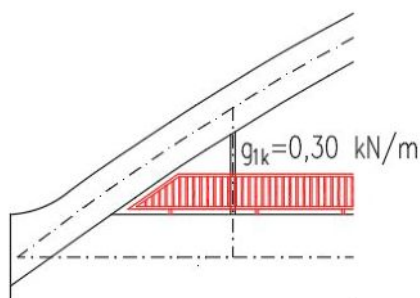
- Přímý pojízdný hydroizolační systém

$g_k = 0,10 \text{ kN/m}^2$

- Trapézový plech TR 84/273

$g_k = 0,10 \text{ kN/m}^2$

$g_{2k} = 2,70 \text{ kN/m}^2$





## 2.4.2. Proměnné

### 2.4.2.1. Zatížení větrem - mostovka

#### 2.4.2.1.1. Rychlost větru a dynamický tlak

Lokalita Kyjov

větrná oblast II

Kategorie terénu II

- **Základní rychlost větru**

Výchozí základní rychlost větru

$V_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

Součinitel směru větru

$C_{dir} = 1,0$

Součinitel ročního období

$C_{season} = 1,0$

základní rychlost větru

$V_b = V_{b,0} \times C_{dir} \times C_{season} = 25 \times 1,0 \times 1,0 = 25 \text{ m/s}$

- **Střední rychlost větru**

Výška nad terénem

$z = 5,2 \text{ m}$

Parametr drsnosti terénu (dle tab 4.1)

$z_0 = 0,05$

Minimální výška (dle tab 4.1)

$Z_{min} = 2,0 \text{ m}$

Součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \times \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left( \frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19$$

Součinitel drsnosti

$$c_r(z) = k_r \times \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0,19 \times \ln \left( \frac{5,2}{0,05} \right) = 0,882$$

Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_0(z) \times v_b = 0,882 \times 1,0 \times 25 = 22,06 \text{ m/s}$$

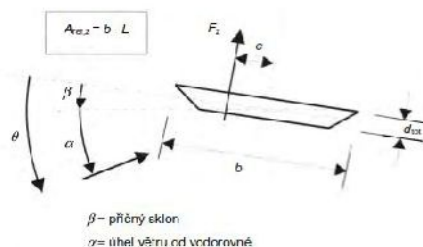
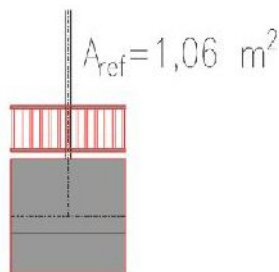
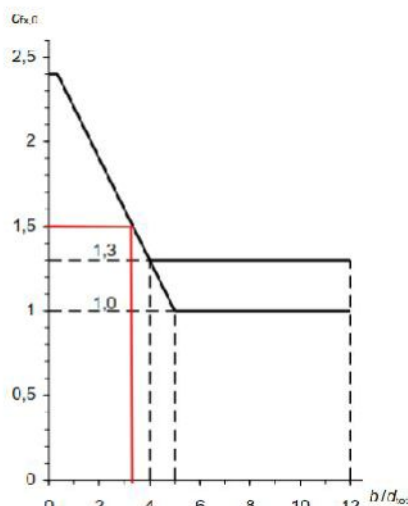
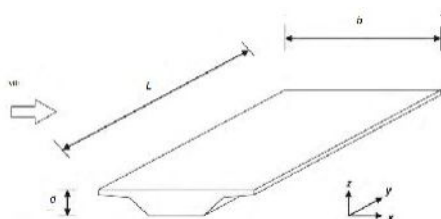
- **Turbulence větru**

Součinitel ortografie

$C_0 = 1,0$

Součinitel turbulence

$k_l = 1,0$



Intenzita turbulence

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \times \ln\left(\frac{5,2}{0,05}\right)} = 0,215$$

## • Maximální dynamický tlak

Měrná hmotnost vzduchu

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

Maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = \left[1 + 7 \times I_v(z)\right] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z) = \left[1 + 7 \times 0,215\right] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 22,06^2 = 0,76 \text{ kN/m}^2$$

### 2.4.2.1.2. Síly ve směru X – zjednodušená metoda

Šířka konstrukce

$$b = 3,30 \text{ m}$$

Výška konstrukce

$$d_{tot} = 1,00 \text{ m}$$

Poměr šířky/výška

$$\frac{b}{d_{tot}} = \frac{3,30}{1,00} = 3,30$$

Součinitel síly bez vlivu proudění kolem volných konců

$$C_{f,x0} = 1,5$$

Součinitel sil

$$C_{f,x} = C_{f,x0} = 1,5$$

Referenční plocha

$$A_{ref} = 1,06 \text{ m}^2$$

Základní dynamický tlak

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 = 0,391 \text{ kN/m}^2$$

Součinitel expozice

$$c_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{0,76}{0,39} = 1,95$$

Součinitel zatížení větrem

$$C = c_e \cdot C_{f,x} = 1,95 \times 1,50 = 2,93$$

Síla větru

$$f_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C \times A_{ref} = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 \times 2,93 \times 1,06 = 1,21 \text{ kN/m}^2$$

### 2.4.2.1.3. Síly ve směru Z – zjednodušená Metoda

Součinitel síly bez vlivu proudění kolem volných konců

$$C_{f,z0} = 0,9$$

*Součinitel sil*

$$C_{f,z} = C_{f,z0} = 0,9$$

*šířka lávky*

$$b = 3,00 \text{ m}$$

*Délka lávky*

$$L = 35,00 \text{ m}$$

*Referenční plocha*

$$A_{\text{ref}} = b \times L = 3,00 \times 35,00 = 105,00 \text{ m}^2$$

*Součinitel zatížení větrem*

$$C = c_e \cdot c_{f,x} = 1,95 \times 0,90 = 1,76$$

*Síla větru na celou lávku*

$$F_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C \times A_{\text{ref}} = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 \times 1,76 \times 105,00 = 77,07 \text{ kN} / \text{m}^2$$

*Síla větru na m<sup>2</sup>*

$$f_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 \times 1,76 = 0,69 \text{ kN} / \text{m}^2$$

## 2.4.2.2. Zatížení větrem - oblouk

### 2.4.2.2.1. Rychlost větru a dynamický tlak

Lokalita Kyjov

větrná oblast II

Kategorie terénu II

- **Základní rychlost větru**

*Výchozí základní rychlost větru*

$$V_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

*Součinitel směru větru*

$$C_{\text{dir}} = 1,0$$

*Součinitel ročního období*

$$C_{\text{season}} = 1,0$$

*základní rychlost větru*

$$V_b = V_{b,0} \times C_{\text{dir}} \times C_{\text{season}} = 25 \times 1,0 \times 1,0 = 25 \text{ m/s}$$

- **Střední rychlost větru**

*Výška nad terénem*

$$z = 11,2 \text{ m}$$

*Parametr drsnosti terénu (dle tab 4.1)*

$$z_0 = 0,05$$

*Minimální výška (dle tab 4.1)*

$$Z_{\text{min}} = 2,0 \text{ m}$$

*Součinitel terénu*

$$k_r = 0,19 \times \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left( \frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19$$

*Součinitel drsnosti*

$$c_r(z) = k_r \times \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0,19 \times \ln \left( \frac{11,2}{0,05} \right) = 1,028$$

*Střední rychlost větru*

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_0(z) \times v_b = 1,028 \times 1,0 \times 25 = 25,71 \text{ m/s}$$

- Turbulence větru**

*Součinitel ortografie*

$$C_0 = 1,0$$

*Součinitel turbulence*

$$k_1 = 1,0$$

*Intenzita turbulence*

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \times \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)} = \frac{1,0}{1,0 \times \ln \left( \frac{11,2}{0,05} \right)} = 0,185$$

- Maximální dynamický tlak**

*Měrná hmotnost vzduchu*

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

*Maximální dynamický tlak*

$$q_p(z) = \left[ 1 + 7 \times I_v(z) \right] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z) = \left[ 1 + 7 \times 0,185 \right] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25,71^2 = 0,95 \text{ kN/m}^2$$

## 2.4.2.2.2. Síly ve směru X – zjednodušená metoda

*Šířka konstrukce*

$$b = 0,50 \text{ m}$$

*Výška konstrukce*

$$d_{\text{tot}} = 0,30 \text{ m}$$

*Poměr šířka/výška*

$$\frac{b}{d_{\text{tot}}} = \frac{0,30}{0,50} = 0,60$$

*Součinitel síly bez vlivu proudění kolem volných konců*

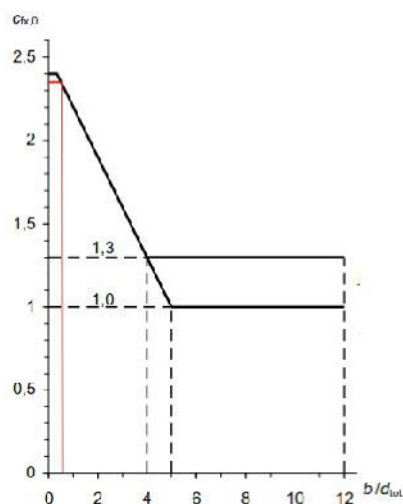
$$c_{f,x0} = 2,35$$

*Součinitel sil*

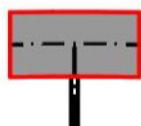
$$c_{f,x} = c_{f,x0} = 2,35$$

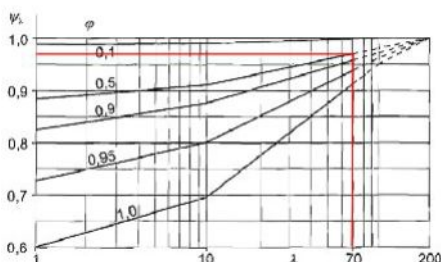
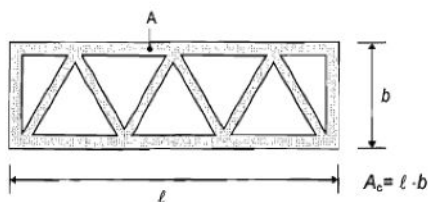
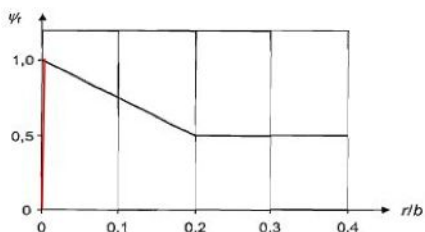
*Referenční plocha*

$$A_{\text{ref}} = 0,50 \text{ m}^2$$



$$A_{\text{ref}} = 0,50 \text{ m}^2$$





*Základní dynamický tlak*

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 = 0,391 \text{ kN/m}^2$$

*Součinitel expozice*

$$c_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{0,76}{0,39} = 1,95$$

*Součinitel expozice*

$$c_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{0,95}{0,39} = 2,43$$

*Redukční součinitel*

$$\psi_r = 1,0 \quad (r/b = 0,0)$$

*Součet průmětů plných prvků*

$$A = 57,85 \text{ m}^2$$

*Celková plocha obálky*

$$A_c = 143,20 \text{ m}^2$$

*Součinitel plnosti*

$$\varphi = \frac{A}{A_c} = \frac{57,85}{143,20} = 0,40$$

*Efektivní štíhlost*

$$\text{Pro } l \geq 50 \text{ m} \quad \lambda = \min\left(\frac{1,4 \times l}{b}; 70\right)$$

$$\text{Pro } l < 15 \text{ m} \quad \lambda = \min\left(\frac{2,0 \times l}{b}; 70\right)$$

$$l = 35,0 \text{ m}$$

$$b = 0,3 \text{ m}$$

$$\lambda = 70$$

*Součinitel koncového efektu*

$$\psi_\lambda = 0,96$$

*Součinitel síly*

$$c_f = c_{f,0} \times \psi_r \times \psi_\lambda = 2,35 \times 1,00 \times 0,96 = 2,26$$

*Součinitel konstrukce*

$$c_s c_D = 1,00$$

*Síla větru*

$$f_w = c_s c_D \times c_f \times q_p(z) \times A_{ref} = 1,00 \times 2,26 \times 0,95 \times 0,50 = 1,07 \text{ kN/m}$$

#### **2.4.2.3. Zatížení davem lidí**

Zatížení davem lidí uvažujeme jako rovnoměrné zatížení (již zahrnující dynamický součinitel) rovné 5,0 kN/m<sup>2</sup>.

$$q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

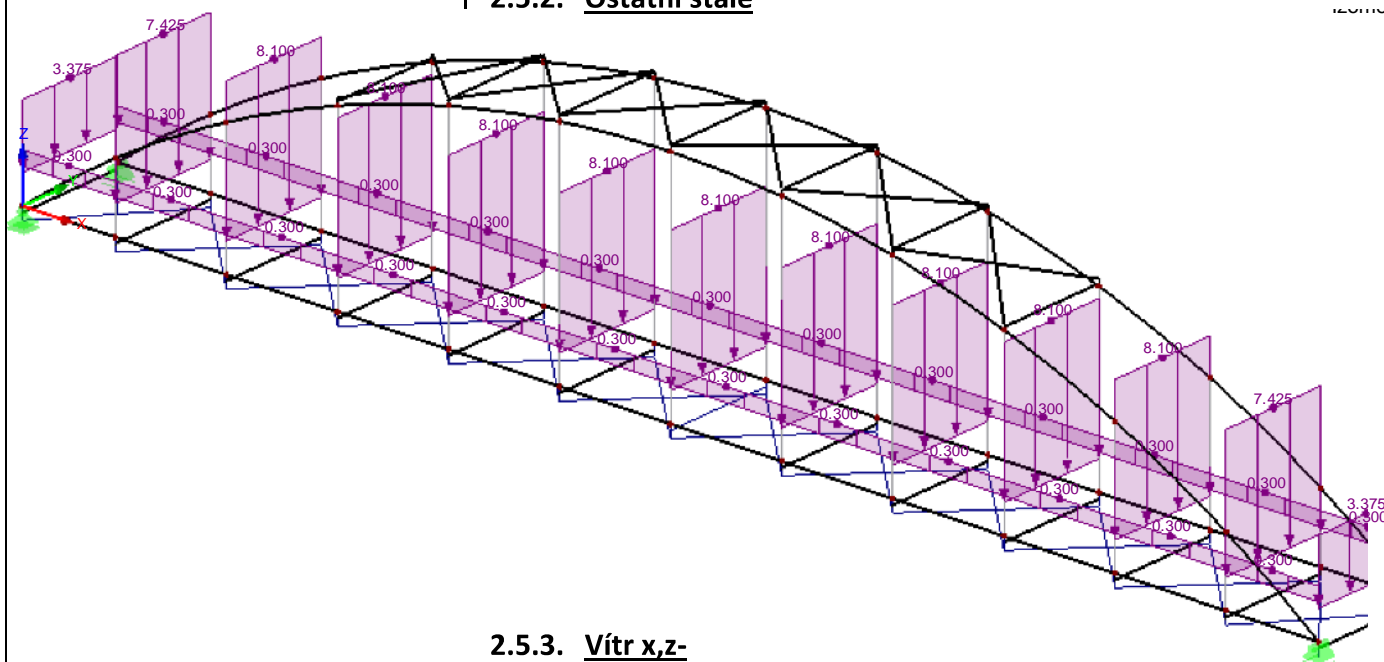
## 2.5. Zatěžovací stavy

Pro předběžný návrh porovnání obou variant byla konstrukce zatížena pouze vlastní tíhou, ostatním stálým zatížením, zatížením od větru a zatížením od plného davu lidí. Ve statické výpočtu vybrané varianty bude konstrukce zatížena všemi zatěžovacími stavy dle ČSN EN.

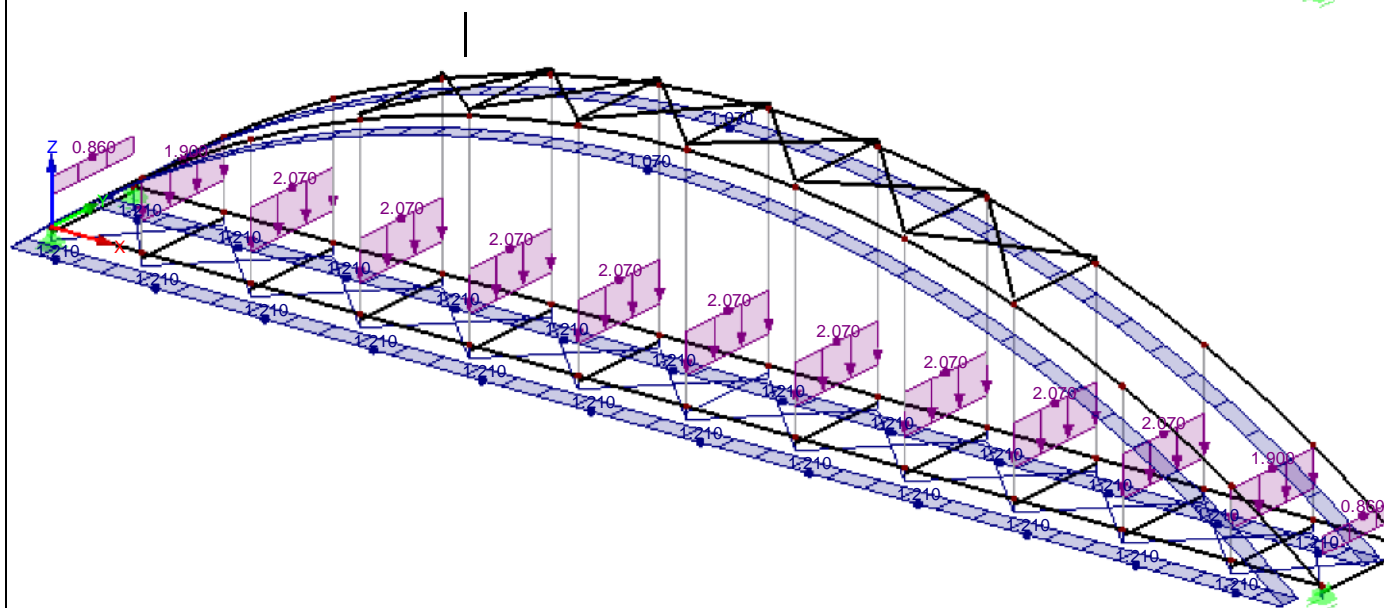
### 2.5.1. Vlastní tíha

### 2.5.2. Ostatní stálé

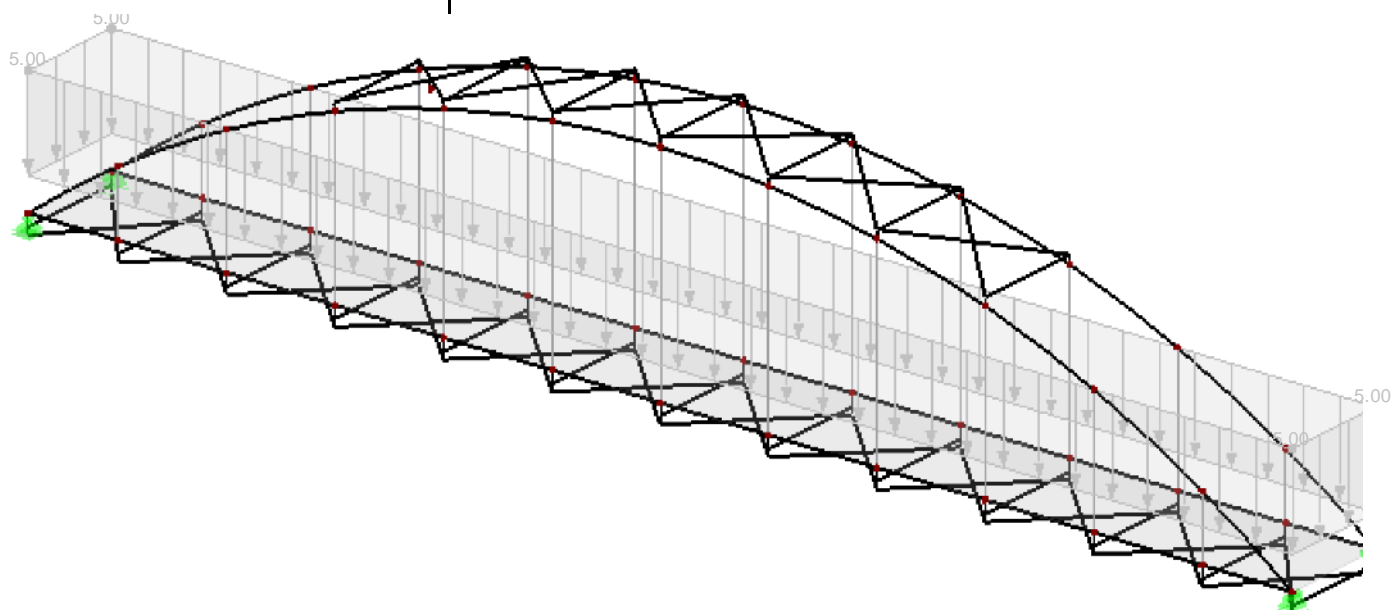
Existující zatěžovací stavy	
G	ZS1 vlastní tíha
G	ZS2 ostatní stálé
Qw	ZS3 vítr x, z-
Qi F	ZS5 plný dav



### 2.5.3. Vítr x,z-

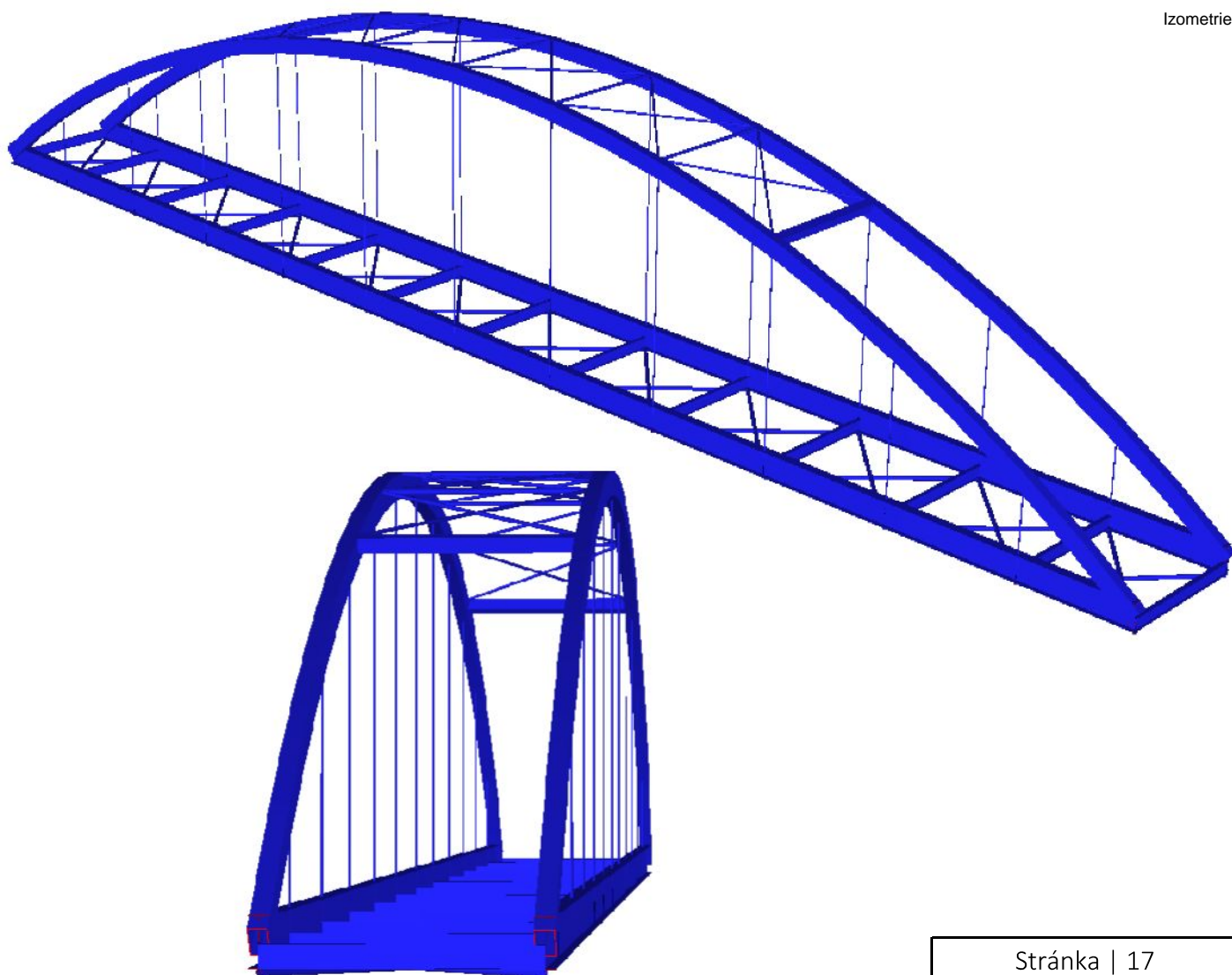


#### 2.5.4. Plný dav lidí

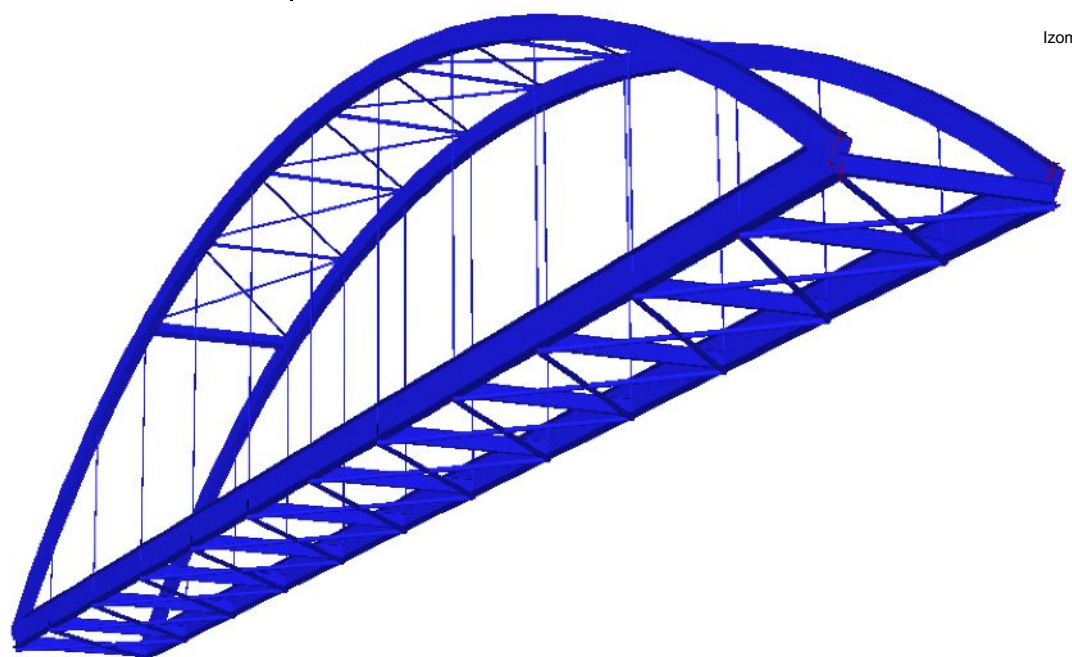


#### 2.1. 3D model

Izometrie







### 3. Porovnání variant

#### 3.1. Výkaz materiálu

##### 3.1.1. Varianta A – příhrada

Položka č.	Název prvku	Označení průřezu	Počet prutů	Celk. délka [m]	Měr. hmotn. [kg/m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Celk. hmotn. [t]
1	Hlavní nosník č1	Uzavřené π 180/10/10/140/160/180/10	24	92,84	50,24	70,56	4,67
2	Hlavní nosník č2	Uzavřené π 180/10/10/140/165/180/15	28	112,00	57,31	86,80	6,42
3	Příčník	IS 160/80/8/8	26	78,00	19,09	48,68	1,49
4	Diagonály	IS 180/120/8/10	40	144,22	28,89	118,84	4,17
5	Podmostvkové zt.	2L 60x60x6	48	120,00	10,85	41,56	1,30
celkem Σ							18,04

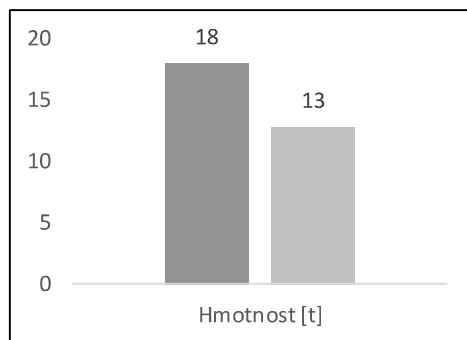
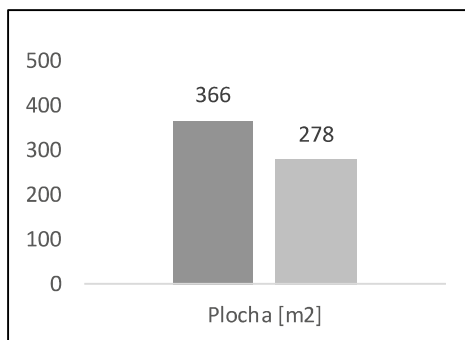
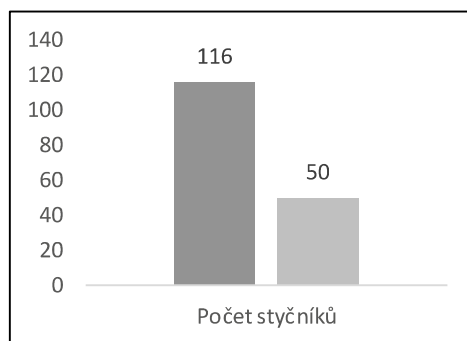
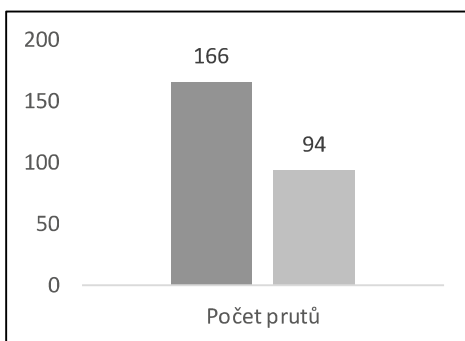
##### 3.1.2. Varianta B - oblouk

Položka č.	Název prvku	Označení průřezu	Počet prutů	Celk. délka [m]	Měr. hmotn. [kg/m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Celk. hmotn. [t]
1	Obloukový hlav. Nos.	TO 300/200/10/10/10/10	2	75,49	75,36	75,49	5,69
2	Hlav. nos. Mostovky	IS 500/200/10/10	24	70,00	69,08	124,60	4,84
3	Příčníky	IS 220/100/8/8	13	39,00	25,37	32,14	0,99
4	Podmostvkové zt.	RO 76.1x4.0	24	100,47	7,11	24,01	0,71
5	Závěsy	RD 25	22	27,17	3,85	7,59	0,37
6	Portály	TO 180/180/8/8/8/8	2	6,00	43,21	4,32	0,26
7	Příčle	RO 60x3	5	15,00	4,22	2,83	0,06
8	Ztužení HP	RO 42.4x3	12	51,35	2,91	6,84	0,15
celkem Σ							12,86



### 3.2. Další kritéria

č.	Kritérium	Varianta A	Varianta B
1	Počet prutů	166	94
2	Počet styčníků	116	50
3	Plocha [m <sup>2</sup> ]	494	481
4	Hmotnost [t]	37	40



### 4. Vyhodnocení

Při porovnání obou variant je třeba vzít v potaz, že obě konstrukce byly zatížené pouze vybranými zatěžovacími stavy. Dimenze jednotlivých prvků nejdou tedy finální.

Při celkovém srovnání obou variant z hlediska počtu prutů vychází lépe varianta B. Tomu odpovídá i srovnání počtu styčníků, kde opět vychází lépe varianta B, tedy varianta s obloukem. Z hlediska náterové plochy a hmotnosti vyšla lépe varianta B a to přibližně o 25 %.

Po uvážení všech kritérií, z estetického hlediska a po dohodě s vedoucím práce byla vybrána varianta B, která bude dále podrobně řešena.



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

**LÁVKA PRO PĚŠÁKY V KYJOVĚ**  
FOOTBRIDGE IN KYJOV

## **ČÁST C – STATICKÝ VÝPOČET**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**                      Bc. Jan Malešák  
AUTHOR

**VEDOUCÍ PRÁCE**                      Ing. JAN BARNAT, Ph.D.  
SUPERVISOR

BRNO 2017

### Obsah

1.	Popis konstrukce .....	1
2.	Geometrie konstrukce .....	1
2.1.	Půdorys.....	1
2.2.	Pohled zprava.....	1
3.	Výpočtový model.....	2
4.	Zatížení.....	2
4.1.	Stálé .....	2
4.1.1.	Vlastní tíha .....	2
4.1.2.	Ostatní stálé.....	2
4.2.	Proměnné.....	3
4.2.1.	Zatížení větrem - mostovka .....	3
4.2.1.1.	Rychlost větru a dynamický tlak.....	3
4.2.1.2.	Síly ve směru X – zjednodušená metoda .....	4
4.2.1.3.	Síly ve směru Z – zjednodušená Metoda .....	4
4.2.1.4.	Síly ve směru Y – zjednodušená Metoda .....	5
4.2.2.	Zatížení větrem - oblouk .....	5
4.2.2.1.	Rychlost větru a dynamický tlak.....	5
4.2.2.2.	Síly ve směru X – zjednodušená metoda .....	6
4.2.2.3.	Síly ve směru Y – zjednodušená Metoda .....	7
4.2.3.	Zatížení davem lidí.....	8
4.2.4.	Vodorovné síly .....	8
4.2.5.	Soustředěné zatížení .....	8
5.	Zatěžovací stavy .....	9
5.1.	Vlastní tíha .....	9
5.2.	Ostatní stálé .....	9
5.3.	Vítr $x,z$ - .....	9
5.4.	Vítr $x,z$ +.....	10
5.5.	Vítr $y$ .....	10
5.6.	Dav – plný.....	10
5.7.	Dav – první polovina .....	11
5.8.	Dav – druhá polovina.....	11
5.9.	Dav – levá polovina.....	11
5.10.	Dav – pravá polovina .....	12
5.11.	Dav – šach 1 .....	12
5.12.	Dav – šach 2 .....	12
5.13.	Vodorovné zatížení .....	13
5.14.	Soustředěné zatížení v $L/2$ .....	13
5.15.	Soustředěné zatížení v $L$ .....	13
6.	Kombinace zatížení .....	14
6.1.	MSÚ .....	14
6.2.	MSP.....	14
7.	Výkaz materiálu .....	14
8.	Posouzení na 1. MS .....	15
8.1.	Hlavní nosník mostovky .....	15

8.1.1.	Průřezové charakteristiky .....	15
8.1.2.	Vnitřní síly .....	16
8.1.3.	Třída průřezu .....	16
8.1.4.	Dvouosý ohyb – ruční výpočet .....	16
8.1.5.	Dvouosý ohyb – $R_{fem}$ .....	20
8.1.6.	Smyk – ruční výpočet .....	21
8.1.7.	Smyk – $R_{fem}$ .....	22
8.1.8.	Posouzení příčných výtuh .....	22
8.2.	Hlavní nosník oblouku .....	25
8.2.1.	Průřezové charakteristiky .....	25
8.2.2.	Vnitřní síly .....	25
8.2.3.	Třída průřezu .....	26
8.2.4.	Ohyb + smyk + osová síla – ruční výpočet.....	26
8.2.5.	Ohyb + smyk + osová síla – $R_{fem}$ .....	28
8.2.6.	Vzpěrná únosnost + ohyb .....	28
8.3.	Příčník .....	34
8.3.1.	Průřezové charakteristiky .....	34
8.3.2.	Vnitřní síly .....	35
8.3.3.	Třída průřezu .....	35
8.3.4.	Ohyb + osový tlak – ruční výpočet.....	35
8.3.5.	Ohyb + osový tlak – $R_{fem}$ .....	40
8.4.	Podmostvkové ztužení .....	41
8.4.1.	Průřezové charakteristiky .....	41
8.4.2.	Vnitřní síly .....	42
8.4.3.	Třída průřezu .....	42
8.4.4.	Vzpěrná únosnost – ruční výpočet.....	42
8.4.5.	Vzpěrná únosnost – $R_{fem}$ .....	43
8.5.	Portál .....	43
8.5.1.	Průřezové charakteristiky .....	43
8.5.2.	Vnitřní síly .....	44
8.5.3.	Třída průřezu .....	44
8.5.4.	Ohybová únosnost – ruční výpočet.....	44
8.5.5.	Ohybová únosnost – $R_{fem}$ .....	45
8.6.	Příčle .....	45
8.6.1.	Průřezové charakteristiky .....	45
8.6.2.	Vnitřní síly .....	46
8.6.3.	Třída průřezu .....	46
8.6.4.	Ohybová únosnost – ruční výpočet.....	46
8.6.5.	Ohybová únosnost – $R_{fem}$ .....	46
8.7.	Ztužení HP .....	47
8.7.1.	Průřezové charakteristiky .....	47
8.7.2.	Vnitřní síly .....	47
8.7.3.	Třída průřezu .....	47
8.7.4.	Vzpěrná únosnost – ruční výpočet.....	47
8.7.5.	Vzpěrná únosnost – $R_{fem}$ .....	48
8.8.	Závěs.....	49



8.8.1.	Průřezové charakteristiky .....	49
8.8.2.	Vnitřní síly .....	49
8.8.3.	Tah – ruční výpočet .....	49
8.8.4.	Tah – $R_{fem}$ .....	49
8.9.	Mostovka .....	50
8.9.1.	Trapézový plech TR 84/273 .....	50
8.9.1.1.	Zatížení .....	50
8.9.1.2.	Vnitřní síly .....	50
8.9.1.3.	Ohyb .....	50
8.9.1.4.	Průhyb .....	50
8.9.2.	ŽB deska .....	51
9.	Posouzení na 2. MS .....	53
9.1.	Průhyby ve svislém a vodorovné směru .....	53
9.1.1.	Hlavní nosník mostovky .....	53
9.1.2.	Hlavní nosník oblouku .....	54
9.2.	Dynamická odezva konstrukce .....	54
9.2.1.	Vlastní frekvence lávky .....	54
9.2.1.1.	Svislé kmitání .....	54
9.2.1.2.	Vodorovné kmitání .....	55
10.	Návrh ložisek .....	55
10.1.	Ložisko L1 .....	55
10.1.1.	Posun a pootočení v ložisku .....	55
10.1.2.	Reakce v ložisku .....	56
10.1.3.	Posudek na horizontální sílu .....	56
10.1.4.	Posudek na středový tlak .....	56
10.1.5.	Posudek na pootočení .....	56
10.1.6.	Posudek na pootočení .....	56
10.2.	Ložisko L2 .....	57
10.2.1.	Posun a pootočení v ložisku .....	57
10.2.2.	Reakce v ložisku .....	57
10.2.3.	Posudek na horizontální sílu .....	57
10.2.4.	Posudek na středový tlak .....	57
10.2.5.	Posudek na pootočení .....	58
10.2.6.	Posudek na pootočení .....	58
10.3.	Ložisko L3 .....	58
10.3.1.	Posun a pootočení v ložisku .....	58
10.3.2.	Reakce v ložisku .....	58
10.3.3.	Posudek na horizontální sílu .....	58
10.3.4.	Posudek na středový tlak .....	59
10.3.5.	Posudek na pootočení .....	59
10.3.6.	Posudek na pootočení .....	59
10.4.	Ložisko L4 .....	59
10.4.1.	Posun a pootočení v ložisku .....	59
10.4.2.	Reakce v ložisku .....	60
10.4.3.	Posudek na středový tlak .....	60
10.4.4.	Posudek na pootočení .....	60

10.4.5.	Posudek na pootočení .....	60
11.	Spoje .....	61
11.1.	Připojení podmost. ztužení k hlav. nos. mostovky .....	61
11.1.1.	Vnitřní síly .....	61
11.1.2.	Styčnickový plech .....	61
11.1.3.	Posouzení svaru .....	61
11.2.	Připojení závěsu k hlav. nos. mostovky .....	62
11.2.1.	Vnitřní síly .....	62
11.2.2.	Styčnickový plech .....	62
11.2.3.	Posouzení svaru .....	62
11.2.4.	Posouzení čepu .....	63
11.2.4.1.	Posouzení na střih .....	63
11.2.4.2.	Posouzení na otláčení .....	64
11.2.5.	Posouzení plechu .....	64
11.3.	Připojení příčnicku k hlav. nos. mostovky .....	65
11.3.1.	Vnitřní síly .....	65
11.3.2.	Posouzení svaru .....	65
11.1.	Připojení portálu k obloukovému hlav. nosníku .....	66
11.1.1.	Vnitřní síly .....	66
11.1.2.	Posouzení svaru .....	66

## Statický výpočet - varianta B

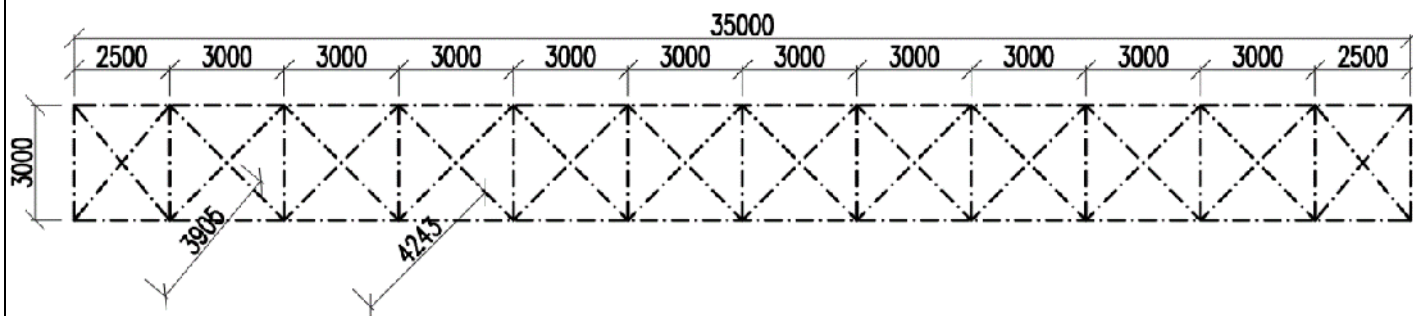
## 1. Popis konstrukce

Jedná se o lávku pro pěší a cyklisty, která přemostňuje železniční trať ve městě Kyjov. Celkem se lávka skládá ze dvou samostatných konstrukcí. Na pole s větším rozpětím je navržena konstrukce s obloukovým hlavním nosníkem. Komunikaci přilehající k dráze bude překonávat betonová deska o rozpětí 13,0 m. V rámci diplomové práce bude posouzeno pouze pole s obloukovým hlavním nosníkem. Výška lávky nad původním terénem se odvíjí od dodržení VMP na trati. Zároveň bude dodržen průchozí prostor pro chodce a cyklisty, který je roven 2,5 m.

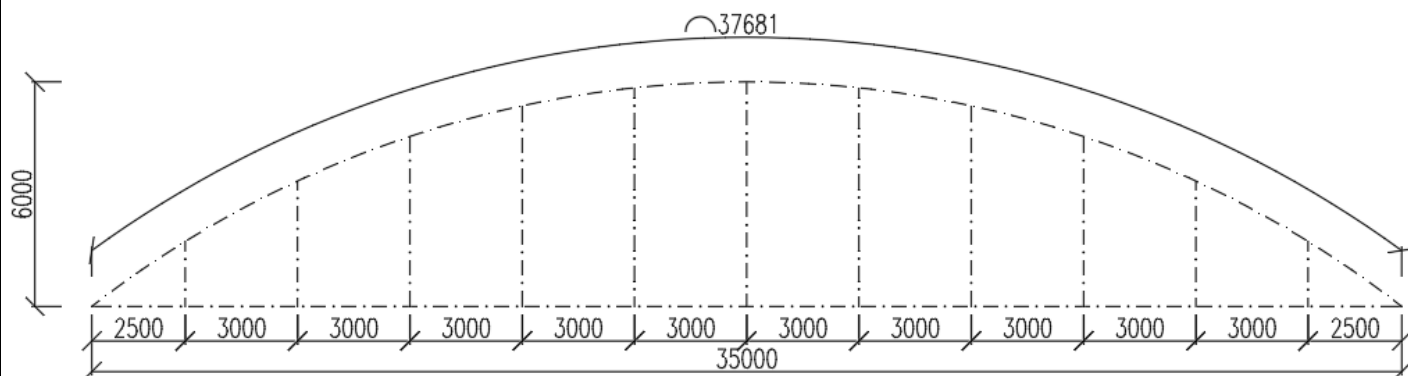
Varianta B je lávka tvořena tuhým obloukem o rozpětí 35,0 m a šířce 3,0 m. Prvková mostovka se skládá z příčníků, podélníků a podélného ztužení. Horní zavětrování je tvořeno portály, přčlemi a podélným ztužením. Jako konstrukční materiál byla zvolena ocel S355 J2 N. Konstrukce je uložena na elastomerová ložiska na betonových pilířích.

## 2. Geometrie konstrukce

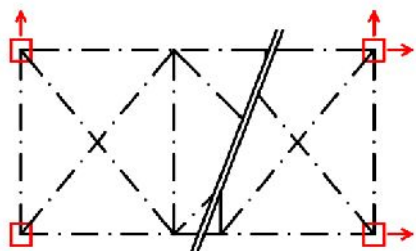
## 2.1. Pūdorys



## 2.2. Pohled zprava

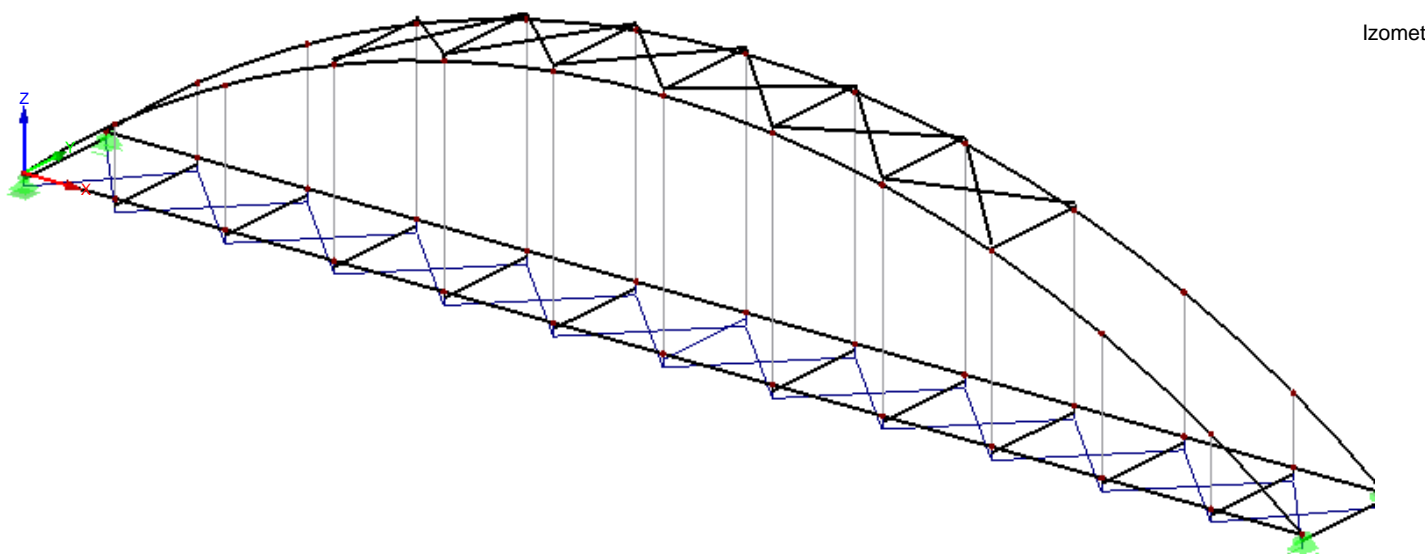


### 3. Výpočtový model



Výpočtový model byl vytvořen v programu RFEM verze 5.01. Pruty na celém modelu byly vymodelovány jako pruty typu nosník. Pouze podélné ztužení bylo definováno jako příhradové pruty.

Uložení na uzlové podpory bylo zvoleno tak, že jedna podpora byla vymodelována jako vetknutí. Další dvě s možností posunu v jednom směru a čtvrtá s možností posunu v obou směrech.



Izomet

### 4. Zatížení

#### 4.1. Stálé

##### 4.1.1. Vlastní tíha

Vlastní tíha je generována programem RFEM.

##### 4.1.2. Ostatní stálé

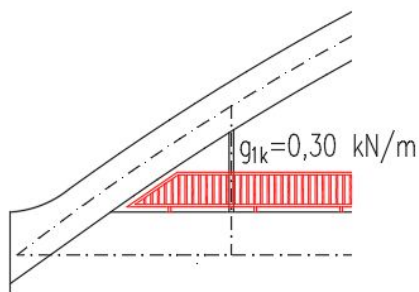
- **Zábradlí**

Zábradlí bude svařené z ocelových trubek dvou různých profilů.  
 $g_{1k} = 0,30 \text{ kN/m}$

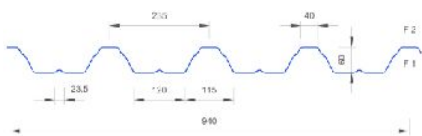
- **Mostovka**

- Železobetonová deska o tloušťce 100,00 mm.  
 $g_k = 2,50 \text{ kN/m}^2$

- Přímo pojižděný hydroizolační systém  
 $g_k = 0,10 \text{ kN/m}^2$







- Trapézový plech TR 84/273

$$g_k = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{2k} = 2,70 \text{ kN/m}^2$$

## 4.2. Proměnné

### 4.2.1. Zatížení větrem - mostovka

#### 4.2.1.1. Rychlost větru a dynamický tlak

Lokalita Kyjov

větrná oblast II

Kategorie terénu II

- **Základní rychlost větru**

Výchozí základní rychlost větru

$$V_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

Součinitel směru větru

$$C_{dir} = 1,0$$

Součinitel ročního období

$$C_{season} = 1,0$$

Základní rychlost větru

$$V_b = V_{b,0} \times C_{dir} \times C_{season} = 25 \times 1,0 \times 1,0 = 25 \text{ m/s}$$

- **Střední rychlost větru**

Výška nad terénem

$$z = 5,2 \text{ m}$$

Parametr drsnosti terénu (dle tab 4.1)

$$z_0 = 0,05$$

Minimální výška (dle tab 4.1)

$$z_{min} = 2,0 \text{ m}$$

Součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \times \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left( \frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19$$

Součinitel drsnosti

$$c_r(z) = k_r \times \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0,19 \times \ln \left( \frac{5,2}{0,05} \right) = 0,882$$

Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_0(z) \times v_b = 0,882 \times 1,0 \times 25 = 22,06 \text{ m/s}$$

- **Turbulence větru**

Součinitel ortografie

$$C_0 = 1,0$$

*Součinitel turbulence*

$$k_l = 1,0$$

*Intenzita turbulence*

$$I_v(z) = \frac{k_l}{c_0(z) \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \times \ln\left(\frac{5,2}{0,05}\right)} = 0,215$$

## • Maximální dynamický tlak

*Měrná hmotnost vzduchu*

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

*Maximální dynamický tlak*

$$q_p(z) = [1 + 7 \times I_v(z)] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z) = [1 + 7 \times 0,215] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 22,06^2 = 0,76 \text{ kN/m}^2$$

### 4.2.1.2. Síly ve směru X – zjednodušená metoda

*Šířka konstrukce*

$$b = 3,30 \text{ m}$$

*Výška konstrukce*

$$d_{\text{tot}} = 1,00 \text{ m}$$

*Poměr šířka/výška*

$$\frac{b}{d_{\text{tot}}} = \frac{3,30}{1,00} = 3,30$$

*Součinitel síly bez vlivu proudění kolem volných konců*

$$C_{f,x0} = 1,5$$

*Součinitel sil*

$$C_{f,x} = C_{f,x0} = 1,5$$

*Referenční plocha*

$$A_{\text{ref}} = 1,06 \text{ m}^2$$

*Základní dynamický tlak*

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 = 0,391 \text{ kN/m}^2$$

*Součinitel expozice*

$$c_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{0,76}{0,39} = 1,95$$

*Součinitel zatížení větrem*

$$C = c_e \cdot C_{f,x} = 1,95 \times 1,50 = 2,93$$

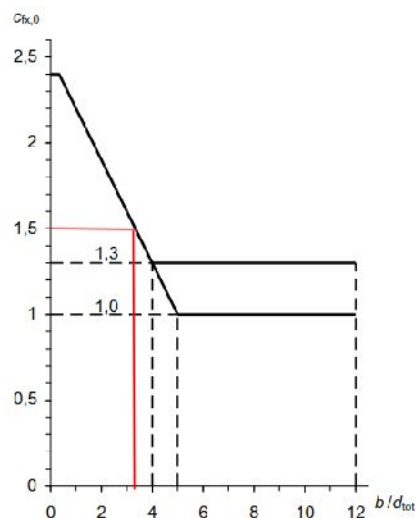
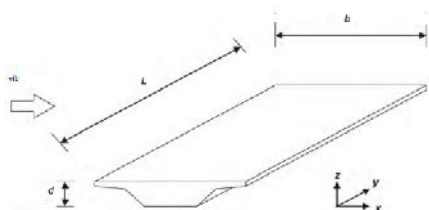
*Síla větru*

$$f_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C \times A_{\text{ref}} = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 \times 2,93 \times 1,06 = 1,21 \text{ kN/m}$$

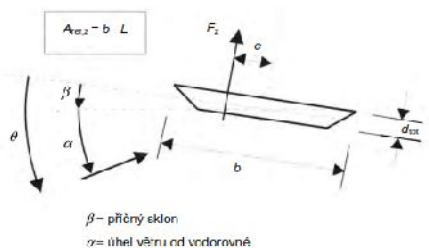
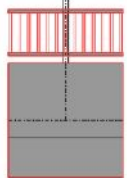
### 4.2.1.3. Síly ve směru Z – zjednodušená Metoda

*Součinitel síly bez vlivu proudění kolem volných konců*

$$C_{f,z0} = 0,9$$



$$A_{\text{ref}} = 1,06 \text{ m}^2$$



*Součinitel sil*

$$C_{f,z} = C_{f,z0} = 0,9$$

*šířka lávky*

$$b = 3,00 \text{ m}$$

*Délka lávky*

$$L = 35,00 \text{ m}$$

*Referenční plocha*

$$A_{\text{ref}} = b \times L = 3,00 \times 35,00 = 105,00 \text{ m}^2$$

*Součinitel zatížení větrem*

$$C = C_e \cdot C_{f,x} = 1,95 \times 0,90 = 1,76$$

*Síla větru na celou lávku*

$$F_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C \times A_{\text{ref}} = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 \times 1,76 \times 105,00 = 77,07 \text{ kN} / \text{m}^2$$

*Síla větru na m<sup>2</sup>*

$$f_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 \times 1,76 = 0,69 \text{ kN} / \text{m}^2$$

#### 4.2.1.4. Síly ve směru Y – zjednodušená Metoda

Doporučené hodnoty pro příhradové mosty dle normy ČSN EN 1991-1-4:

50 % sil od větru ve směru X

$$f_w = 0,50 \times f_{w,x} = 0,50 \times 1,21 = 0,61 \text{ kN} / \text{m}^2$$

#### 4.2.2. Zatížení větrem - oblouk

##### 4.2.2.1. Rychlost větru a dynamický tlak

*Lokalita Kyjov*

*větrná oblast II*

*Kategorie terénu II*

##### • **Základní rychlost větru**

*Výchozí základní rychlost větru*

$$V_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

*Součinitel směru větru*

$$C_{\text{dir}} = 1,0$$

*Součinitel ročního období*

$$C_{\text{season}} = 1,0$$

*základní rychlost větru*

$$V_b = V_{b,0} \times C_{\text{dir}} \times C_{\text{season}} = 25 \times 1,0 \times 1,0 = 25 \text{ m/s}$$

##### • **Střední rychlost větru**

*Výška nad terénem*

$$z = 11,2 \text{ m}$$

Parametr drsnosti terénu (dle tab 4.1)

$$z_0 = 0,05$$

Minimální výška (dle tab 4.1)

$$Z_{\min} = 2,0 \text{ m}$$

Součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \times \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left( \frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19$$

Součinitel drsnosti

$$c_r(z) = k_r \times \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0,19 \times \ln \left( \frac{11,2}{0,05} \right) = 1,028$$

Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_0(z) \times v_b = 1,028 \times 1,0 \times 25 = 25,71 \text{ m/s}$$

- Turbulence větru**

Součinitel ortografie

$$C_0 = 1,0$$

Součinitel turbulence

$$k_1 = 1,0$$

Intenzita turbulence

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \times \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)} = \frac{1,0}{1,0 \times \ln \left( \frac{11,2}{0,05} \right)} = 0,185$$

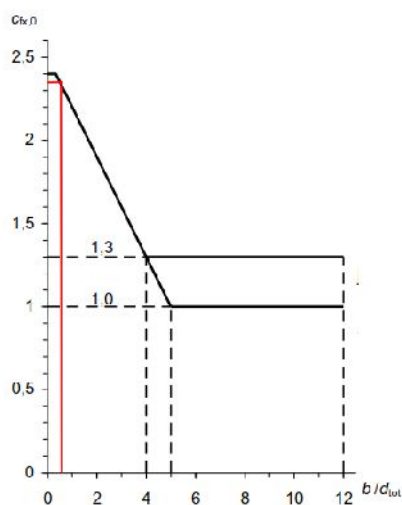
- Maximální dynamický tlak**

Měrná hmotnost vzduchu

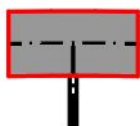
$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

Maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = \left[ 1 + 7 \times I_v(z) \right] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z) = \left[ 1 + 7 \times 0,185 \right] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25,71^2 = 0,95 \text{ kN/m}^2$$



$$A_{ref} = 0,50 \text{ m}^2$$



#### 4.2.2.2. Síly ve směru X – zjednodušená metoda

Šířka konstrukce

$$b = 0,50 \text{ m}$$

Výška konstrukce

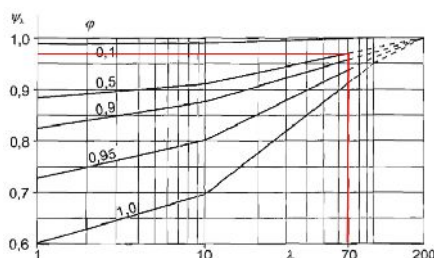
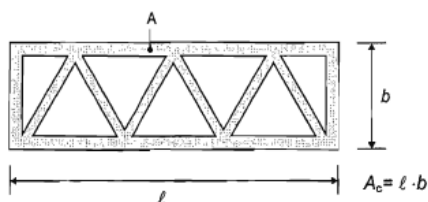
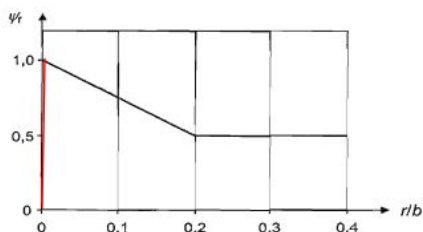
$$d_{tot} = 0,30 \text{ m}$$

Poměr šířka/výška

$$\frac{b}{d_{tot}} = \frac{0,30}{0,50} = 0,60$$

Součinitel síly bez vlivu proudění kolem volných konců

$$C_{f,x0} = 2,35$$



*Součinitel sil*

$$c_{f,x} = c_{f,x0} = 2,35$$

*Referenční plocha*

$$A_{ref} = 0,50 \text{ m}^2$$

*Základní dynamický tlak*

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 = 0,391 \text{ kN/m}^2$$

*Součinitel expozice*

$$c_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{0,95}{0,39} = 2,43$$

*Redukční součinitel*

$$\psi_r = 1,0 \quad (r/b = 0,0)$$

*Součet průmětů plných prvků*

$$A = 57,85 \text{ m}^2$$

*Celková plocha obálky*

$$A_c = 143,20 \text{ m}^2$$

*Součinitel plnosti*

$$\varphi = \frac{A}{A_c} = \frac{57,85}{143,20} = 0,40$$

*Efektivní štíhlost*

$$\text{Pro } l \geq 50 \text{ m} \quad \lambda = \min\left(\frac{1,4 \times l}{b}; 70\right)$$

$$\text{Pro } l < 15 \text{ m} \quad \lambda = \min\left(\frac{2,0 \times l}{b}; 70\right)$$

$$l = 35,0 \text{ m}$$

$$b = 0,3 \text{ m}$$

$$\lambda = 70$$

*Součinitel koncového efektu*

$$\psi_\lambda = 0,96$$

*Součinitel síly*

$$c_f = c_{f,0} \times \psi_r \times \psi_\lambda = 2,35 \times 1,00 \times 0,96 = 2,26$$

*Součinitel konstrukce*

$$c_s c_D = 1,00$$

*Síla větru*

$$f_w = c_s c_D \times c_f \times q_p(z) \times A_{ref} = 1,00 \times 2,26 \times 0,95 \times 0,50 = 1,07 \text{ kN/m}$$

### 4.2.2.3. Síly ve směru Y – zjednodušená Metoda

Doporučené hodnoty pro příhradové mosty dle normy ČSN EN 1991-1-4:

50 % sil od větru ve směru X

$$f_w = 0,50 \times f_{w,x} = 0,50 \times 1,07 = 0,53 \text{ kN/m}$$

DAV PLNÝ



DAV 1. PŮLKA



DAV 2. PŮLKA



DAV LEVÁ PŮLKA



DAV PRAVÁ PŮLKA



DAV ŠACH 1



DAV ŠACH 2



## 4.2.3. Zatížení davem lidí

Zatížení davem lidí uvažujeme jako rovnoměrné zatížení (již zahrnující dynamický součinitel) rovné  $5,0 \text{ kN/m}^2$ . Celkem bude vytvořeno 7 zatěžovacích stavů, lišících se rozmístěním rovnoměrného zatížení na konstrukci. V každém zatěžovacím stavu bude také zahrnuto vodorovné a svislé zatížení na zábradlí  $1,0 \text{ kN/m}$ .

$$q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{fy} = 1,0 \text{ kN/m}$$

$$q_{fz} = 1,0 \text{ kN/m}$$

$$T_q = 1,0 \text{ kNm/m}$$

- Dav chodců – plný
- Dav chodců – 1. půlka
- Dav chodců – 2. půlka
- Dav chodců – levá půlka
- Dav chodců – pravá půlka
- Dav chodců – šach 1
- Dav chodců – šach 2

## 4.2.4. Vodorovné síly

Charakteristická hodnota vodorovné síly se má rovnat vyšší hodnotě z následujících dvou hodnot:

- 10 % z celkového zatížení odpovídajícího rovnoměrnému zatížení
- 60 % celkové tíhy obslužného vozidla, připadá-li to v úvahu

$$Q_{fk} = 0,10 \times q_{fk} = 0,10 \times 5,00 = 0,50 \text{ kN/m}$$

## 4.2.5. Soustředěné zatížení

Charakteristická hodnota soustředěného zatížení  $Q_{fwk}$  má být rovna  $10,00 \text{ kN}$  a působí na čtvercové ploše o straně  $0,10 \text{ m}$ .

$$Q_{fwk} = 10,00 \text{ kN}$$

Síla bude umístěna tak aby vyvolávala co nejnepříznivější účinek na posuzované pruty. Celkem budou vytvořeny dva zatěžovací stavy. V prvním bude síla umístěna doprostřed rozpětí příčniku nad podporou a v druhém bude v polovině rozpětí lávky.

### Existující zatěžovací stavy

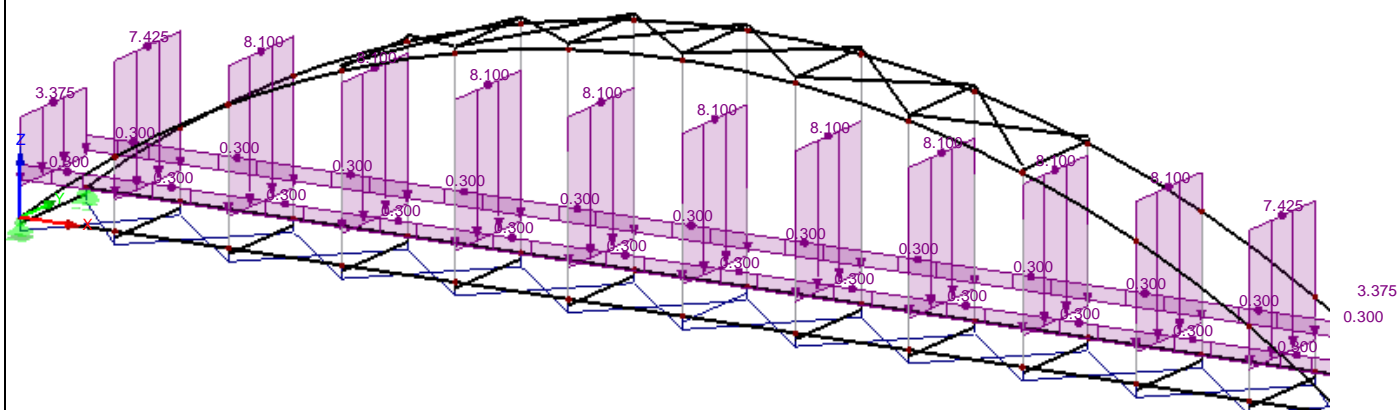
<b>G</b>	ZS1	vlastní tíha
<b>G</b>	ZS2	ostatní stálé
<b>Qw</b>	ZS3	vítr x,z-
<b>Qw</b>	ZS4	vítr x,z+
<b>Qw</b>	ZS5	vítr y
<b>Qi F</b>	ZS6	dav - plný
<b>Qi F</b>	ZS7	dav - 1. půlka
<b>Qi F</b>	ZS8	dav - 2. půlka
<b>Qi F</b>	ZS9	dav - levá půlka
<b>Qi F</b>	ZS10	dav - pravá půlka
<b>Qi F</b>	ZS11	dav - šach 1
<b>Qi F</b>	ZS12	dav - šach 2
<b>Qi F</b>	ZS13	vodorovné zatížení
<b>Qi F</b>	ZS14	soustředěné zatížení v L/2
<b>Qi F</b>	ZS15	soustředěné zatížení v L

## 5. Zatěžovací stavy

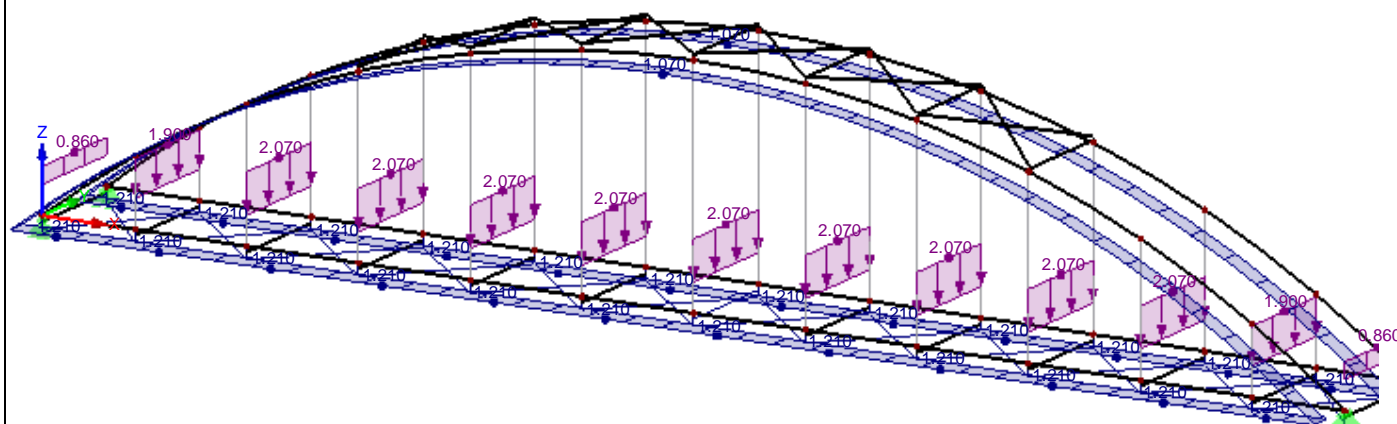
Celkem bylo vytvořeno 15 zatěžovacích stavů. Zatížení od vlastní tíhy bylo generováno výpočtovým programem Rfem. Ostatní stálé zatížení zahrnuje tíhu zábradlí a mostovky. Zatížení davem lidí bylo rozděleno celkem do 7 stavů, podle rozmístění lidí na lávce. V každém zatěžovacím stavu od davu lidí je také zahrnuto zatížení na zábradlí. Jelikož není uvažován vjezd obslužného vozidla, je nutné lávku zatížit soustředěným zatížením. To bylo umístěno v polovině rozpětí lávky a na jejím kraji.

### 5.1. Vlastní tíha

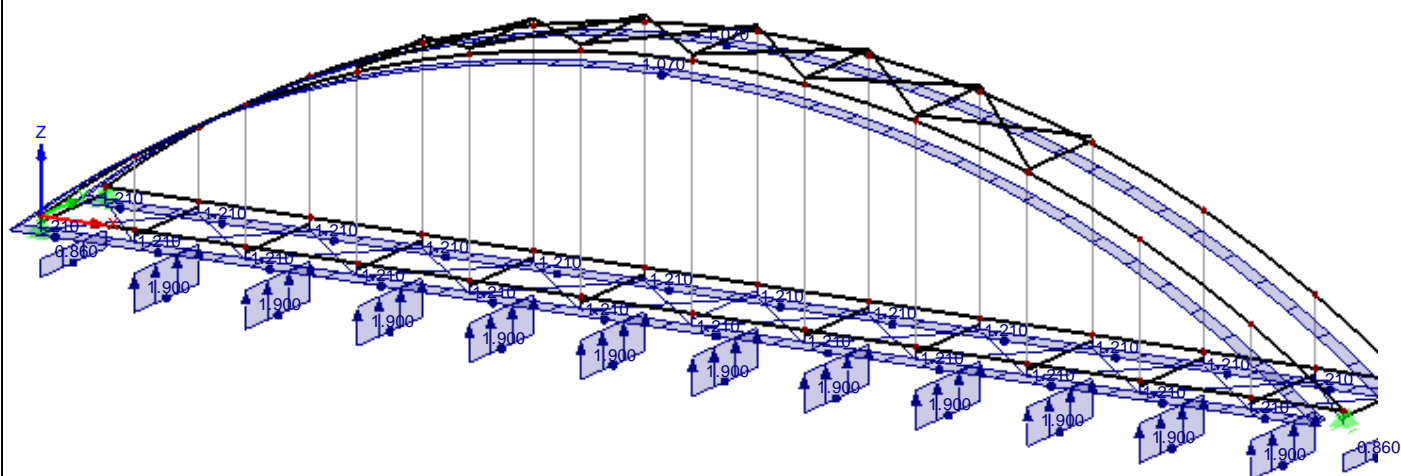
## 5.2. Ostatní stálé



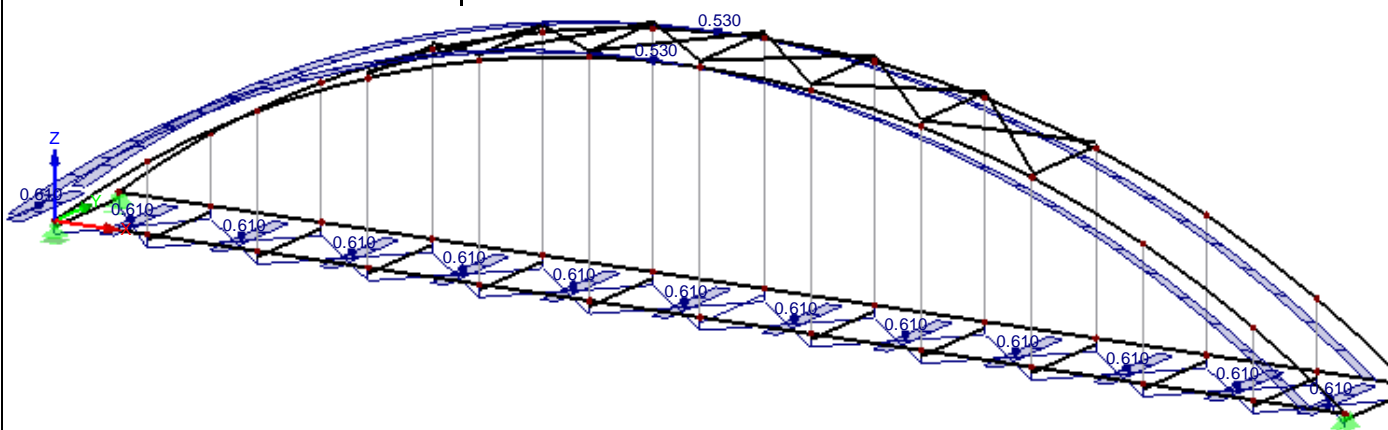
### 5.3. Vítr x,z-



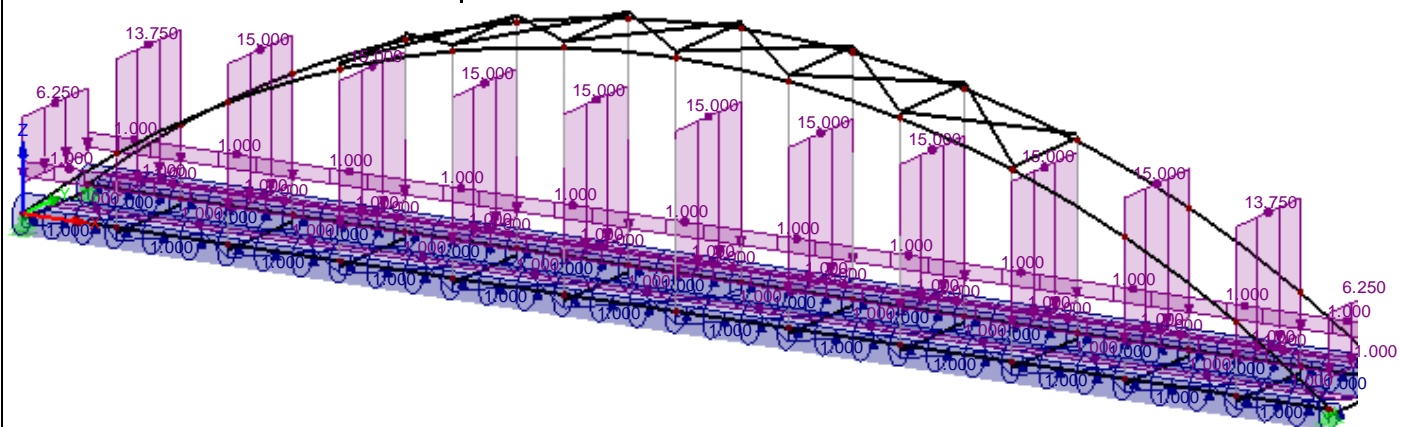
#### 5.4. Vítr $x,z$



#### 5.5. Vítr $y$

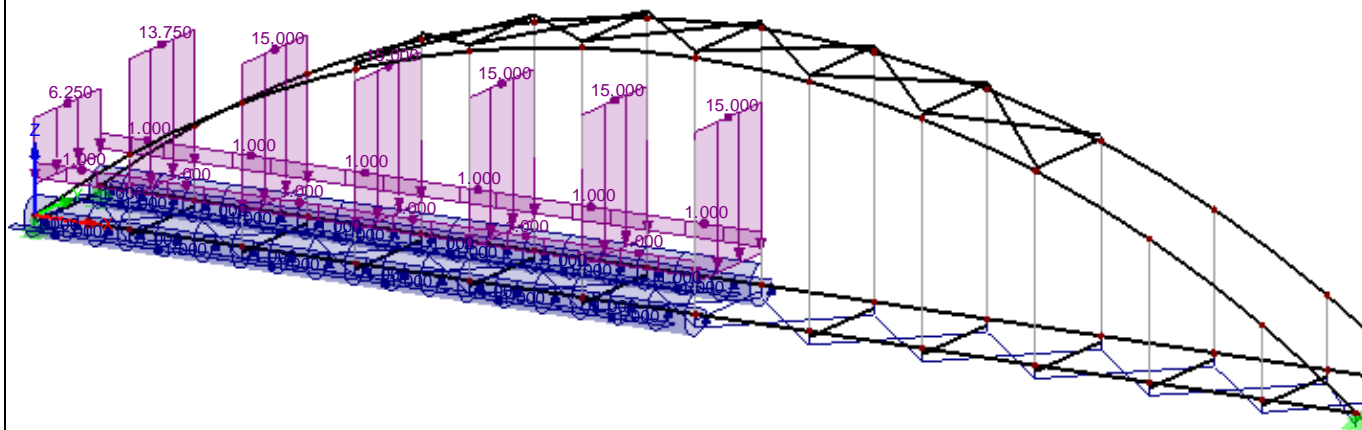


#### 5.6. Dav – plný

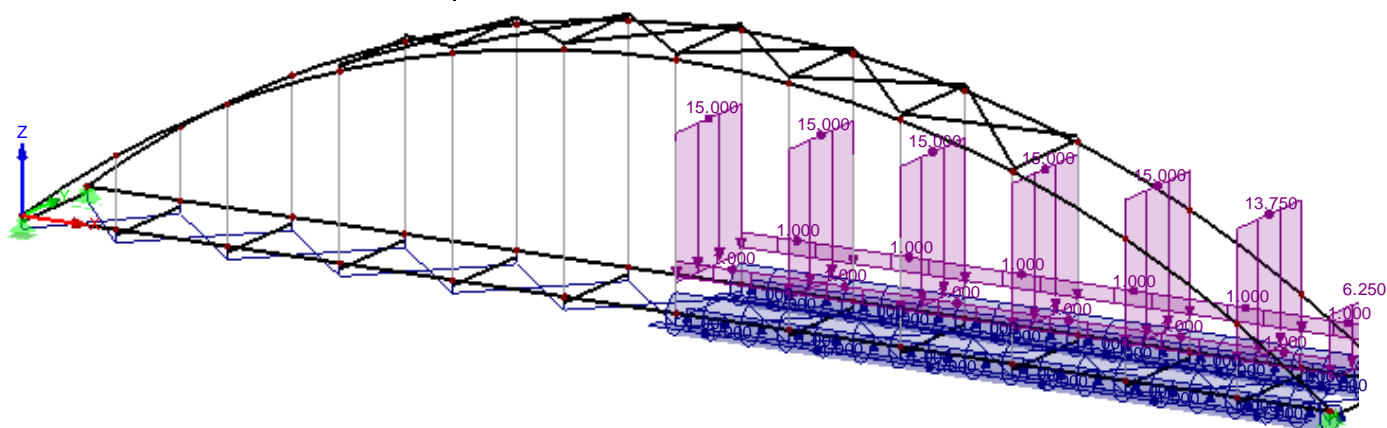




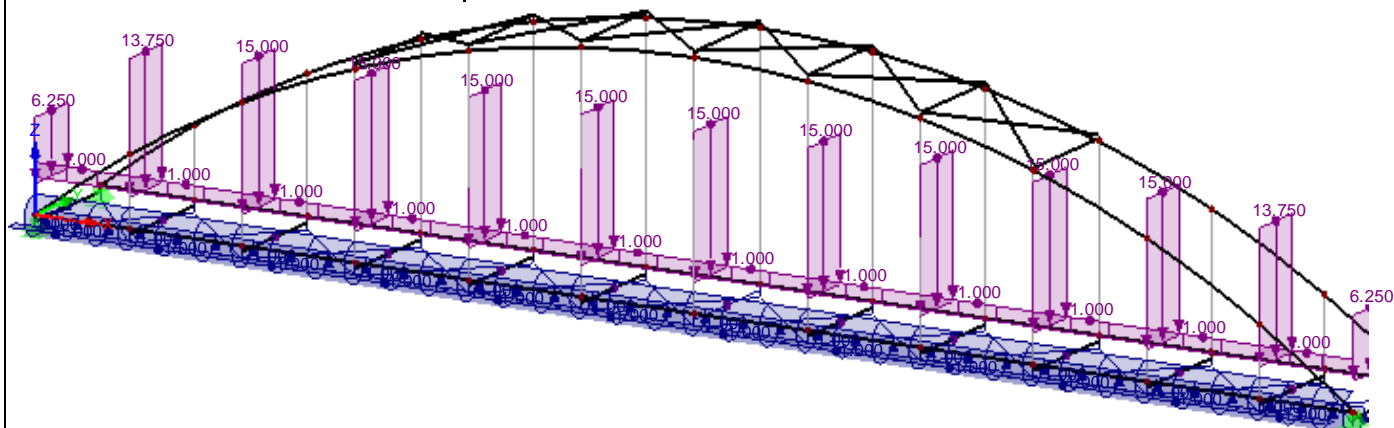
### 5.7. Dav – první polovina



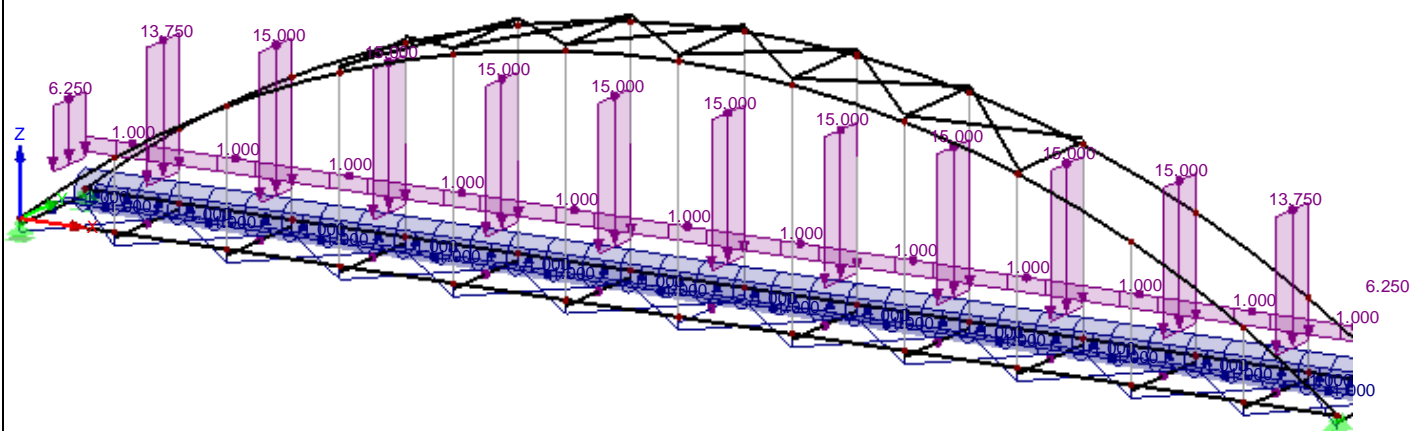
### 5.8. Dav – druhá polovina



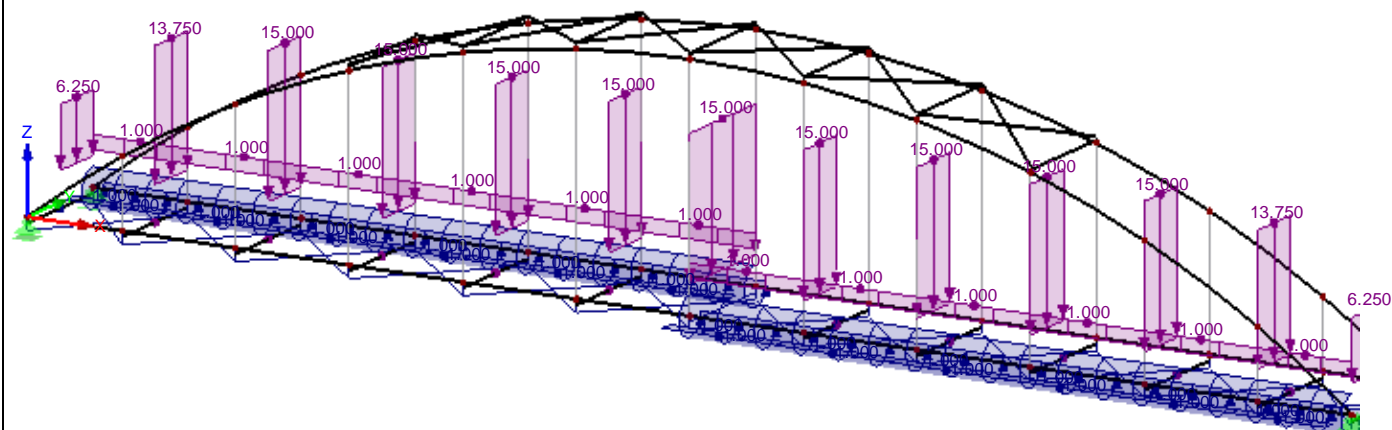
### 5.9. Dav – levá polovina



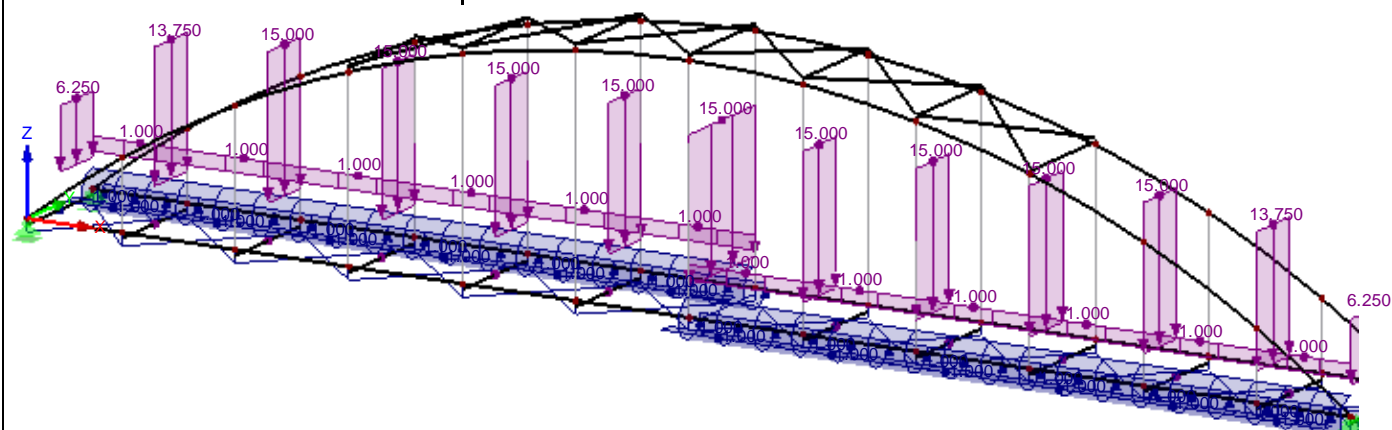
### 5.10. Dav – pravá polovina



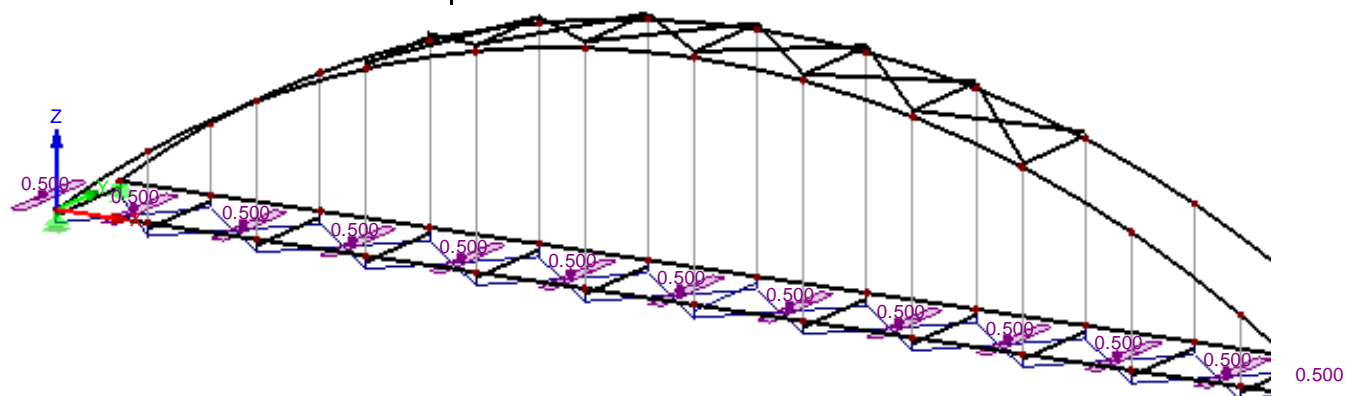
### 5.11. Dav – šach 1



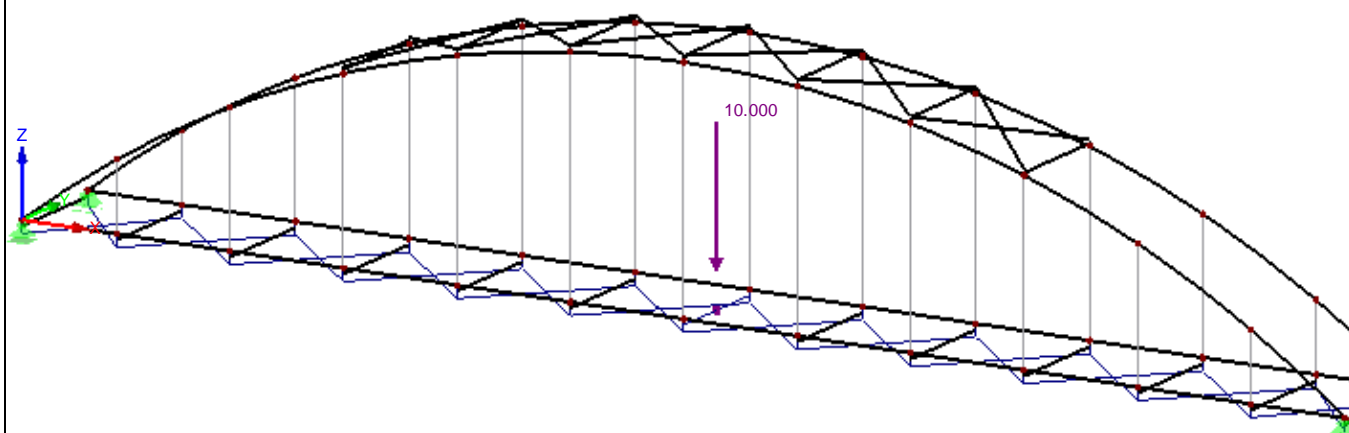
### 5.12. Dav – šach 2



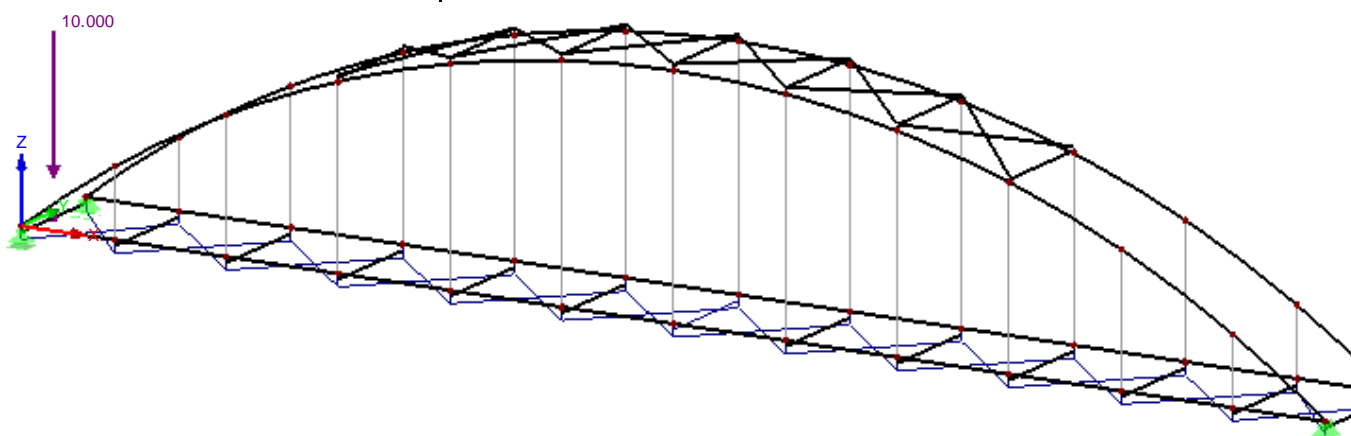
### 5.13. Vodorovné zatížení



### 5.14. Soustředěné zatížení v L/2



### 5.15. Soustředěné zatížení v L



### 6. Kombinace zatížení

Klíč kombinací dle ČSN EN 1990

Seznam jednotlivých kombinací viz příloha.

#### 6.1. MSÚ

Kombinace 6.10a

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kombinace 6.10b

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

#### 6.2. MSP

Charakteristická

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$G_k$  charakteristická hodnota stálého zatížení

$P_k$  charakteristická hodnota zatížení od předpětí

$Q_{k,1}$  charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení

$Q_{k,i}$  charakteristická hodnota i-tého vedlejšího proměnného zatížení

$\gamma_{G,j}$  dílčí součinitel j-tého stálého zatížení

$\gamma_P$  dílčí součinitel zatížení od předpětí

$\gamma_{Q,1}$  dílčí součinitel hlavního proměnného zatížení

$\gamma_{Q,i}$  dílčí součinitel i-tého proměnného zatížení

$\psi$  kombinační součinitel

$\xi_j$  redukční součinitel

### 7. Výkaz materiálu

Položka č.	Název prvku	Označení průřezu	Počet prutů	Celk. délka [m]	Měr. hmotn. [kg/m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Celk. hmotn. [t]
1	Obloukový hlav. Nos.	TO 360/220/10/10/10/10	2	75,49	87,92	87,57	6,64
2	Hlav. nos. Mostovky	IS 550/220/10/10	24	70,00	76,15	137,20	5,33
3	Příčníky	IS 260/100/8/10	13	39,00	30,77	35,26	1,20
4	Podmostovkové zt.	RO 88.9x5.0	24	100,47	10,36	28,03	1,04
5	Závěsy	RD 22	22	27,17	2,98	6,68	0,29
6	Portály	TO 200/200/8/8/8/8	2	6,00	48,23	4,80	0,29
7	Příčle	RO 76.1x4	5	15,00	7,11	3,59	0,11
8	Ztužení HP	RO 50x4	12	51,35	4,54	8,07	0,23
celkem $\Sigma$							15,13

### 8. Posouzení na 1. MS

Pro každý prvek konstrukce bude vybrán rozhodující posudek a následně porovnán s výpočtem dle přídatného modulu ve výpočtovém programu Rfem – RF-STEEL EC3.

Dílčí součinitele materiálů

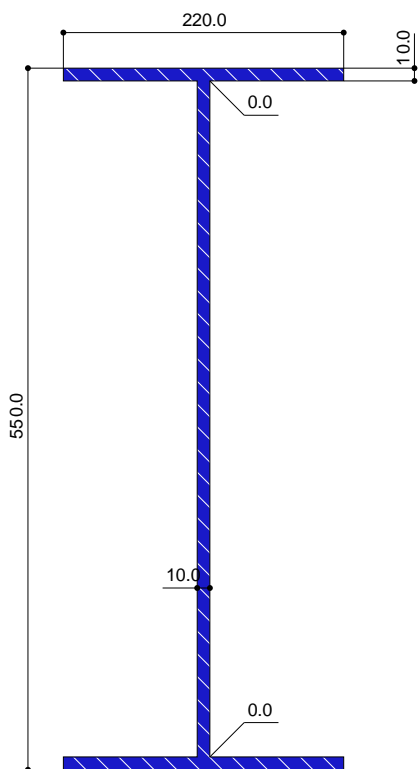
$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$\gamma_{M1} = 1,10$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

#### 8.1. Hlavní nosník mostovky

##### 8.1.1. Průřezové charakteristiky



Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška	$h$	550,000	mm
Šířka	$b$	220,000	mm
Tloušťka stojiny	$s$	10,000	mm
Tloušťka pásnice	$t$	10,000	mm
Tloušťka koutového svaru	$a$	0,000	mm
Plocha průřezu	$A$	9700,000	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_y$	4400,000	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_z$	5300,000	mm <sup>2</sup>
Plastická smyková plocha	$A_{pl,y}$	4400,000	mm <sup>2</sup>
Plastická smyková plocha	$A_{pl,z}$	5400,000	mm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_y$	444900000,000	mm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_z$	177900000,000	mm <sup>4</sup>
Polární moment setrvačnosti	$I_p$	462700000,000	mm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	$i_y$	214,200	mm
Poloměr setrvačnosti	$i_z$	42,800	mm
Polární poloměr setrvačnosti	$i_p$	218,400	mm
Poloměr setrvačnosti pásnice + 1/5 výšky stojiny	$i_{zg}$	52,200	mm
Hmotnost průřezu	$G$	76,100	kg/m
Plocha pláště	$A_{plášť}$	1,960	m <sup>2</sup> /m
Moment tuhosti v kroucení	$I_t$	322467,000	mm <sup>4</sup>
Výsečový moment setrvačnosti vztážený na M	$I_{@v}$	1294000000000,000	mm <sup>6</sup>
Součinitel tlumení	$I$	0,000	1/mm
Elastický průřezový modul	$W_y$	1617680,000	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	$W_z$	161735,000	mm <sup>3</sup>
Výsečový průřezový modul	$W_w$	43560000,000	mm <sup>4</sup>
Statický moment	$\Sigma_{y,max}$	945125,000	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{z,max}$	60468,900	mm <sup>3</sup>
Výsečová souřadnice	$v_{max}$	29700,000	mm <sup>2</sup>
Výsečová plocha (plošný moment 1. stupně výseče)	$S_{@v,max}$	16340000,000	mm <sup>4</sup>
Plastický průřezový modul	$\Omega_{pl,y,max}$	1890250,000	mm <sup>3</sup>
Plastický průřezový modul	$\Omega_{pl,z,max}$	255250,000	mm <sup>3</sup>
Plastický výsečový průřezový modul	$W_{pl,\varpi}$	65340000,000	mm <sup>4</sup>

**8.1.2. Vnitřní síly**

Posudek	Kombinace	Vnitřní síly	Hodnota	Jednotky
Dvouosý ohyb	196	$M_y$	259,48	kNm
		$M_z$	5,48	kNm
		$N$	213,64	kN
Smyk	247	$V$	91,86	kN

**8.1.3. Třída průřezu**

*Poměrné přetvoření*

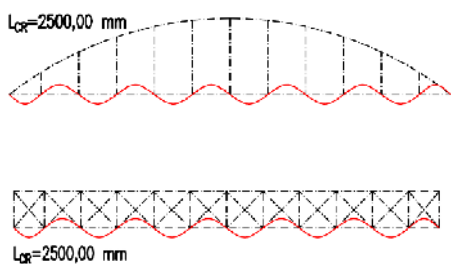
$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

*Poměr  $c/t$ :*

$$c = 105,00 \text{ mm}$$

$$t = 10,00 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{105,00}{10,00} = 10,50 \leq 14 \times \varepsilon = 14 \times 0,81 = 11,39 \quad \text{Třída 3}$$


**8.1.4. Dvouosý ohyb – ruční výpočet**

*Stanovení součinitele klopení*

*Vzpěrná délka*

$$L_{CR,y} = 2500 \text{ mm}$$

$$L_{CR,z} = 2500 \text{ mm}$$

*Součinitele vzpěrné délky*

$$k_y = 1,00 \quad k_z = 1,00 \quad k_w = 1,00$$

*Bezrozměrný parametr kroucení*

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \times L} \sqrt{\frac{E \times I_w}{G \times I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \times 2500} \sqrt{\frac{210000 \times 1,29 \times 10^{12}}{81000 \times 3,22 \times 10^5}} = 4,05$$

*Součinitelé závislé na zatížení a podmínkách uložení konců*

$$C_1 = C_{1,1} = 1,13 \quad (\text{pro } \kappa_w \geq 1)$$

$$C_2 = 0,46$$

*Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu*

$$\zeta_j = 0$$

*Souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku*

$$z_g = z_a - z_s = 0,5 \times 550 - 0 = 275,00 \text{ mm}$$

Kde

$z_a$  souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu

$z_s$  souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu

*Bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku*

$$\zeta_g = \frac{\pi \times z_g}{k_z \times L} \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{\pi \times 275,00}{1,0 \times 2500,00} \sqrt{\frac{210000 \times 1,78 \times 10^7}{81000 \times 3,22 \times 10^5}} = 4,13$$

*Bezrozměrný kritický moment*

$$\begin{aligned} \mu_{cr} &= \frac{C_1}{k_z} \left[ \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \times \zeta_g - C_3 \times \zeta_j)^2} - (C_2 \times \zeta_g - C_3 \times \zeta_j) \right] = \\ &= \frac{1,13}{1,00} \left[ \sqrt{1 + 4,05^2 + (0,46 \times 4,13 - 0,53 \times 0)^2} - (0,46 \times 4,13 - 0,53 \times 0) \right] \\ &= 3,04 \end{aligned}$$

*Pružný kritický moment*

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \mu_{cr} \times \frac{\pi \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t}}{L} = \\ &= 3,04 \times \frac{\pi \times \sqrt{210000 \times 1,78 \times 10^7 \times 81000 \times 3,22 \times 10^5}}{2500} = \\ &= 1191,51 \text{ kNm} \end{aligned}$$

*Poměrná štíhlost*

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,62 \times 10^6 \times 355}{1191,51 \times 10^6}} = 0,69$$

*Křivka klopení pro svařované I profily*

$$h = 550,00 \text{ mm}$$

$$b = 220,00 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{b} = \frac{550,00}{220,00} = 2,50 > 2 \quad \text{Křivka klopení - d}$$

*Součinitel imperfekce*

$$\alpha_{LT} = 0,76$$

*Hodnota pro výpočet součinitele klopení*

$$\begin{aligned} \phi_{LT} &= 0,5 \times \left[ 1 + \alpha_{LT} \times (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \times \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = \\ &= 0,5 \times \left[ 1 + 0,76 \times (0,69 - 0,40) + 0,75 \times 0,69^2 \right] = 0,79 \end{aligned}$$

Kde

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,40 \quad \text{doporučená hodnota}$$

$$\beta = 0,75 \quad \text{doporučená hodnota}$$

*Součinitel klopení*

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \times \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,79 + \sqrt{0,79^2 - 0,75 \times 0,69^2}} = 0,76$$



### Vybočení ve směru osy, y'

Kritická síla

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 4,45 \times 10^8}{2500^2} = 147537,16 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{9700 \times 355}{147537,16 \times 10^3}} = 0,15$$

$\bar{\lambda}_y \leq 0,20 \rightarrow$  účinky vzpěru lze zanedbat

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y = 1,00$$

### Vybočení ve směru osy, z'

Kritická síla

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 1,78 \times 10^7}{2500^2} = 5899,50 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{9700 \times 355}{5899,50 \times 10^3}} = 0,76$$

Křivka vzpěrné pevnosti

z – z c

Součinitel imperfekce

$$\alpha = 0,49$$

Hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \times \left[ 1 + \alpha \times (\bar{\lambda}_y - 0,20) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = \\ &= 0,5 \times \left[ 1 + 0,49 \times (0,76 - 0,20) + 0,76^2 \right] = 0,93 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,93 + \sqrt{0,93^2 - 0,76^2}} = 0,68$$

Charakteristická hodnota únosnosti v tlaku

$$N_{RK} = A \times f_y = 9700 \times 355 = 3443,50 \text{ kN}$$

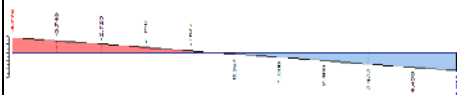
Interakční součinitele (y-y) - Lineární průběh

$k_{yy}$

$$M_1 = 259,48 \text{ kNm}$$

$$M_2 = 120,33 \text{ kNm}$$





*Poměr koncových momentů*

$$\psi = \frac{M_2}{M_1} = \frac{120,33}{259,48} = 0,46$$

*Součinitel  $C_{my}$  pro rovnoměrné zatížení*

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \times \psi = 0,6 + 0,4 \times 0,46 = 0,79 \geq 0,4$$

*Interakční součinitel  $k_{yy}$*

$$N_{Ed} = 225,27 \text{ kN (tah)}$$

$$k_{yy} = C_{my} = 0,79$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 0,40$$

*Interakční součinitele (z-z) - Lineární průběh*

$k_{zz}$

$$M_1 = 5,48 \text{ kNm}$$

$$M_2 = -4,76 \text{ kNm}$$

*Poměr koncových momentů*

$$\psi = \frac{M_2}{M_1} = \frac{-4,76}{5,48} = -0,87$$

*Součinitel  $C_{mz}$  pro rovnoměrné zatížení*

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \times \psi = 0,6 + 0,4 \times -0,87 = 0,25 \not\geq 0,40$$

$$C_{mz} = 0,40$$

*Interakční součinitel  $k_{yy}$*

$$N_{Ed} = 225,27 \text{ kN (tah)}$$

$$k_{zz} = C_{mz} = 0,40$$

$$k_{zy} = 0,8 \times k_{yy} = 0,8 \times 0,79 = 0,64$$

*Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu k ose y-y*

$$M_{y,Rk} = W_{el,y} \times f_y = 1,62 \times 10^6 \times 355 = 574,28 \text{ kNm}$$

*Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu k ose z-z*

$$M_{z,Rk} = W_{el,z} \times f_y = 1,62 \times 10^5 \times 355 = 57,42 \text{ kNm}$$

*Podmínka 1 (6.61)*

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rk}} + k_{yy} \times \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \times M_{y,Rk}} + k_{yz} \times \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$0 + 0,80 \times \frac{259,48}{0,76 \times 574,28} + 0,45 \times \frac{5,48}{57,42} \leq 1,0$$

$$0,56 \leq 1,0 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

### Podmínka 2 (6.62)

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rk}} + k_{zy} \times \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \times M_{y,Rk}} + k_{zz} \times \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{0 + 0,63 \times \frac{259,48}{0,76 \times 574,28}}{1,10} + 0,45 \times \frac{5,48}{57,42} \leq 1,0$$

$$0,45 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### 8.1.5. Dvouosý ohyb – Rfem

#### Posouzení

Výška průřezu	h	550.0	mm
Šířka průřezu	b	220.0	mm
Kritérium	h/b	2.50	
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP <sub>LT</sub>	d	
Součinitel imperfekce	α <sub>LT</sub>	0.760	
Modul pružnosti	E	210000.000	MPa
Smykový modul	G	81000.000	MPa
Součinitel délky	k <sub>z</sub>	1.000	
Součinitel délky	k <sub>w</sub>	1.000	
Délka	L	2.500	m
Výsečový moment setrvačnosti	I <sub>w</sub>	1.29373E+12	mm <sup>6</sup>
Moment tuhosti v kroucení	I <sub>t</sub>	322467.0	mm <sup>4</sup>
Pružný kritický moment při klopení pro výpočet poměrné štíhlosti	M <sub>σ,0</sub>	1638.680	kNm
Součinitel momentu	C <sub>1</sub>	1.365	
Kritický moment při klopení	M <sub>σ</sub>	2226.900	kNm
Průřezový modul	W <sub>y</sub>	1617680.0	mm <sup>3</sup>
Poměrná štíhlost	λ <sub>LT</sub>	0.511	
Parametr	λ <sub>LT,0</sub>	0.400	
Parametr	β	0.750	
Pomocný součinitel	Φ <sub>LT</sub>	0.640	
Součinitel klopení	χ <sub>LT</sub>	0.907	
Opravný součinitel	K <sub>c</sub>	0.850	
Modifikační součinitel	f	0.937	
Součinitel klopení	χ <sub>LT,mod</sub>	0.967	
Typ úlohy kolem osy y	Typ	Pevně	
Průběh momentu	Diagr M <sub>y</sub>	1) Lineární	
Součinitel momentu	ψ <sub>y</sub>	0.464	
Součinitel momentu	C <sub>my</sub>	0.785	
Typ úlohy kolem osy z	Typ	Pevně	
Průběh momentu	Diagr M <sub>z</sub>	2) Max. na okraji	
Součinitel momentu	ψ <sub>z</sub>	-0.871	
Moment	M <sub>h,z</sub>	5.483	kNm
Moment	M <sub>s,z</sub>	1.526	kNm
Poměr M <sub>s,z</sub> / M <sub>h,z</sub>	α <sub>s,z</sub>	0.278	
Typ zatížení	Zatížení y	Rovnom. půs. zatíž.	
Součinitel momentu	C <sub>mz</sub>	0.423	
Průběh momentu	Diagr M <sub>y,LT</sub>	1) Lineární	
Součinitel momentu	ψ <sub>y,LT</sub>	0.464	
Součinitel momentu	C <sub>mLT</sub>	0.785	
Typ dílce	Dílec	Torz. měkký	
Součinitel interakce	k <sub>yy</sub>	0.785	
Součinitel interakce	k <sub>yz</sub>	0.423	
Součinitel interakce	k <sub>zy</sub>	1.000	
Součinitel interakce	k <sub>zz</sub>	0.423	
Moment	M <sub>y,Ed</sub>	259.480	kNm
Průřezový modul	W <sub>y</sub>	1617680.0	mm <sup>3</sup>
Únosnost v ohybu	M <sub>y,Rk</sub>	582.363	kNm

Dílčí součinitel únosnosti

Momentová složka

Moment

Průřezový modul

Únosnost v ohybu

Momentová složka

Posouzení 1

Posouzení 2

26 | 0.000 | KZ196 |

 $\gamma_{M1}$ 
 $\eta_{My}$ 
 $M_{z,Ed}$ 
 $W_z$ 
 $M_{z,Rk}$ 
 $\eta_{Mz}$ 
 $\eta_1$ 
 $\eta_2$ 

1.000

0.46

5.483

161735.0

58.225

0.09

0.40

0.50

kNm

mm<sup>3</sup>

kNm

0.50 | ≤ 1 | 363) | Posouzení stability - dvouosý ohyb podle 6.3.3, metoda 2

Ruční posudek se od posudku vytvořeného výpočetním programem liší v určitých hodnotách. Především při přebírání součinitelů a grafů z normy. Posouzení na dvouosý ohyb byl proveden dle vztahů 6.61 a 6.62, i když v posudku není tlaková síla.

### 8.1.6. Smyk – ruční výpočet

*Výška stojiny*
 $h_w = 530,00 \text{ mm}$ 
*tloušťka stojiny*
 $t = 10,00 \text{ mm}$ 
 $\eta = 1,20$  (pro ocel S355)

*podmínka pro boulení stěn*

$$\frac{h_w}{t} \geq \frac{72}{\eta} \times \epsilon$$

$$\frac{530,00}{10,00} \geq \frac{72}{1,20} \times 0,81$$

$$53,00 \not\geq 48,82$$

Nastává boulení stěn ve smyku – návrh příčných výztuh ve vzdálenosti 3,00 a 2,50 m. Koncová výztuha je uvažována jako tuhá.

*Příspěvek stojiny*
*Vzdálenost výztuh*
 $a = 2300,00 \text{ mm}$ 
*Součinitel kritického napětí ve smyku*

$$\text{Pro } \frac{a}{h_w} = \frac{2300,00}{530,00} = 4,34 \geq 1,00$$

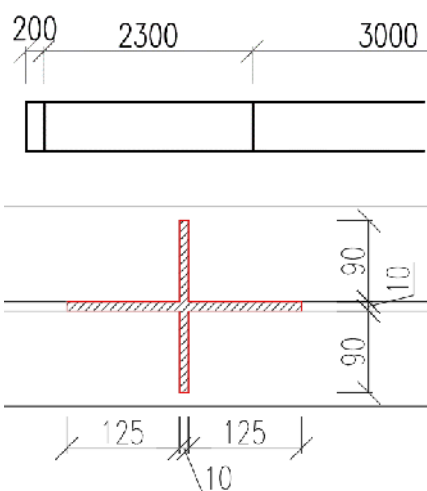
$$k_\tau = 5,34 + 4,00 \times \left( \frac{h_w}{a} \right)^2 + k_{tsl} = 5,34 + 4,00 \times \left( \frac{530,00}{2300,00} \right)^2 + 0 = 5,55$$

*Upravená štíhlost*

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{37,4 \times t \times \epsilon \times \sqrt{k_\tau}} = \frac{530,00}{37,4 \times 10,00 \times 0,81 \times \sqrt{5,55}} = 0,74$$

*Součinitel příspěvku stojiny*

$$\text{Pro } 0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$$



$$\chi_w = \frac{0,83}{\bar{\lambda}_w} = \frac{0,83}{0,74} = 1,12$$

*Příspěvek stojiny*

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \times f_{yw} \times h_w \times t}{\sqrt{3} \times \gamma_{M1}} = \frac{1,12 \times 355 \times 530,00 \times 10,00}{\sqrt{3} \times 1,10} = 1108,88 \text{ kN}$$

*Příspěvek pásnic*

Není třeba počítat. Příspěvek stojiny je dostačující.

*Návrhová únosnost ve smyku*

$$\begin{aligned} V_{b,Rd} &= V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta \times f_{yw} \times h_w \times t}{\sqrt{3} \times \gamma_{M1}} \\ &= 1108,88 + 0 \leq \frac{1,20 \times 355 \times 530,00 \times 10,00}{\sqrt{3} \times 1,10} \\ &= 1108,88 \leq 1303,54 \end{aligned}$$

$$V_{b,Rd} = 1108,88 \text{ kN}$$

*Posouzení (5.10)*

$$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} = \frac{91,86}{1108,88} = 0,08 \leq 1,0 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

### 8.1.7. Smyk – Rfem

#### Posouzení

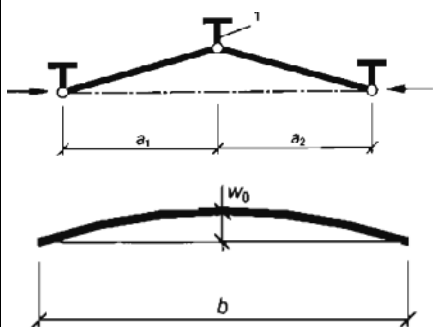
Výška plechu stojiny	$h_w$	530.0	mm
Tloušťka stojiny	$t_w$	10.0	mm
Mez kluzu	$f_y$	360.000	MPa
Součinitel materiálu	$\varepsilon$	0.808	
Hodnota	$\eta$	1.200	
Mezní kritérium	$72\varepsilon/\eta$	48.48	
Poměr	$h_w/t_w$	53.00	
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	91.859	kN
Krouticí moment	$T_{Ed}$	0.041	kNm
Plocha jádra	$A_k$	0.0	mm <sup>2</sup>
Smyková síla	$V_{t,Ed}$	0.000	kN
Smyková síla	$V_{Ed}$	91.859	kN
Poměrná štíhlost	$\lambda_{c,w}$	0.759	
Redukční součinitel	$\chi_w$	1.093	
Únosnost při boulení ve smyku	$V_{bw,Rd}$	1204.250	kN
Posouzení	$\eta$	0.08	
26	0.000	KZ247	0.08 ≤ 1   127)   Posouzení průřezu - smykové boulení podle EN 1993-1-5, 5.2, 5.3 a 5.5

### 8.1.8. Posouzení příčných výztuh

*Vzdálenosti příčných výztuh*

$$a_1 = 2300,00 \text{ mm}$$

$$a_2 = 2500,00 \text{ mm}$$



Výška stojiny

$$b = h_w = 530,00 \text{ mm}$$

Imperfekce  $w_0$

$$s = \min(a_1, a_2, b) = \min(2300, 2500, 530) = 530,00 \text{ mm}$$

$$w_0 = \frac{s}{300} = \frac{530,00}{300} = 1,77 \text{ mm}$$

Kritérium pro zabránění vybočení výztuh zkroucením

Rozměry výztuhy

$$b_s = 90,00 \text{ mm}$$

$$t_s = 10,00 \text{ mm}$$

Momenty setrvačnosti výztuhy

$$I_y = \frac{1}{12} \times t_s \times b_s^3 = \frac{1}{12} \times 10,00 \times 90,00^3 = 6,08 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} \times b_s \times t_s^3 = \frac{1}{12} \times 90,00 \times 10,00^3 = 7,50 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

Polární moment setrvačnosti

$$I_p = 2 \times (I_y + I_z) = 2 \times (6,08 \times 10^5 + 7,50 \times 10^3) = 1,23 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

St. Venantův moment v prostém kroucení pro samotnou výztuhu

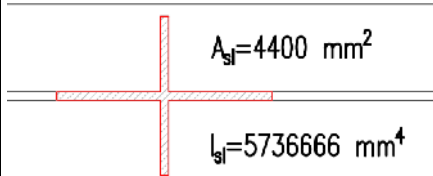
$$I_T = \frac{1}{3} \times b_s \times t_s^3 = \frac{1}{3} \times (b_{s1} + b_{s2}) \times t_s^3 = \frac{1}{3} \times 180,00 \times 10,00^3 = 0,60 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

Kritérium (9.3)

$$\frac{I_T}{I_p} \geq 5,3 \times \frac{f_y}{E}$$

$$\frac{0,60 \times 10^5}{1,23 \times 10^6} \geq 5,3 \times \frac{355}{210000}$$

$$0,05 \geq 0,01 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$



Minimální požadavky na příčné výztuhy

$$A_{sl} = 4400,00 \text{ mm}^2$$

$$I_{sl} = 5,74 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Pružné kritické stěnové napětí

$$\sigma_{cr,c} = \sigma_{cr,sl} = \frac{\pi^2 \times E \times I_{sl}}{A_{sl} \times a^2} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 5,74 \times 10^6}{4400,00 \times 2300,00^2} = 510,82 \text{ MPa}$$

Eulerovo napětí

$$\sigma_E = 190000 \times \left( \frac{t}{b} \right)^2 = 190000 \times \left( \frac{10,00}{530,00} \right)^2 = 67,64 \text{ MPa}$$

Součinitel kritického napětí

$$k_{cr,p} = 4,00$$

*Pružné kritické napětí*

$$\sigma_{cr,p} = \sigma_E \times k_{cr,p} = 67,64 \times 4,00 = 270,56 \text{ MPa}$$

*Tlaková síla*

$$N_{Ed} = \frac{1}{2} \times A_c \times \sigma_{c,max} = \frac{1}{2} \times (0,5 \times 530,00 \times 10,00) \times 355 = 470,38 \text{ kN}$$

*Napětí  $\sigma_m$*

$$\begin{aligned} \sigma_m &= \frac{\sigma_{cr,c}}{\sigma_{cr,p}} \times \frac{N_{Ed}}{b} \times \left( \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right) = \\ &= \frac{510,82}{270,56} \times \frac{470,38 \times 10^6}{530,00} \times \left( \frac{1}{2300,00} + \frac{1}{2500,00} \right) = \\ &= 1,40 \text{ MPa} \end{aligned}$$

*Vzdálenost krajních vláken výztuhy k těžišti*

$$e_{max} = 90,00 \text{ mm}$$

$$u = \frac{\pi^2 \times E \times e_{max}}{f_y \times 300 \times b} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 90,00}{355 \times 300 \times 530,00} = 3,64 \geq 1,0$$

$\gamma_{M1} \quad 1,10$

Podmínka (9.1)

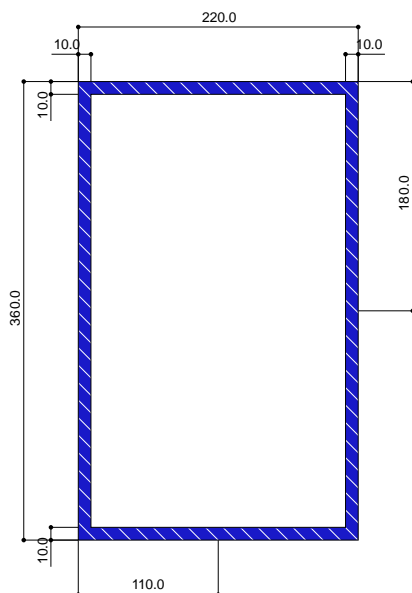
$$I_{sl} \geq I_{st}$$

$$I_{sl} \geq \frac{\sigma_m}{E} \times \left( \frac{b}{\pi} \right)^4 \times \left( 1 + w_0 \times \frac{300}{b} \times u \right)$$

$$I_{sl} \geq \frac{1,40}{210000} \times \left( \frac{530,00}{\pi} \right)^4 \times \left( 1 + 1,77 \times \frac{300}{530,00} \times 3,64 \right)$$

$$\underline{\underline{5,74 \times 10^6 \geq 0,25 \times 10^5 \quad \text{VYHOVUJE}}}$$





## 8.2. Hlavní nosník oblouku

### 8.2.1. Průřezové charakteristiky

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška	$a$	360,000	mm
Šířka	$b$	220,000	mm
Tloušťka stěny vlevo	$t_{al}$	10,000	mm
Tloušťka stěny vpravo	$t_{ar}$	10,000	mm
Tloušťka stěny nahoře	$t_{bh}$	10,000	mm
Tloušťka stěny dole	$t_{bd}$	10,000	mm
Plocha průřezu	$A$	11200,000	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_y$	3026,500	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_z$	6325,300	mm <sup>2</sup>
Plocha jádra	$A_{jád}$	73500,000	mm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_y$	200300000,000	mm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_z$	927700000,000	mm <sup>4</sup>
Polární moment setrvačnosti	$I_p$	293100000,000	mm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	$i_y$	133,700	mm
Poloměr setrvačnosti	$i_z$	91,000	mm
Polární poloměr setrvačnosti	$i_p$	161,800	mm
Hmotnost průřezu	$G$	87,900	kg/m
Plocha pláště	$A_{plášť}$	1,160	m <sup>2</sup> /m
Moment tuhosti v kroucení	$I_t$	193300000,000	mm <sup>4</sup>
Výsečový moment setrvačnosti vztažený na M	$I_{@v}$	78780000000,000	mm <sup>6</sup>
Elastický průřezový modul	$W_y$	1112740,000	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	$W_z$	843394,000	mm <sup>3</sup>
Výsečový průřezový modul	$W_w$	17150000,000	mm <sup>4</sup>
Statický moment	$S_{y,max}$	337000,000	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{z,max}$	239000,000	mm <sup>3</sup>
Výsečová souřadnice	$v_{max}$	4593,800	mm <sup>2</sup>
Výsečová plocha (plošný moment 1. stupně výseče)	$S_{@v,max}$	3483590,000	mm <sup>4</sup>
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y,max}$	1348000,000	mm <sup>3</sup>
Plastický průřezový modul	$W_{pl,z,max}$	956000,000	mm <sup>3</sup>

### 8.2.2. Vnitřní síly

Posudek	Kombinace	Vnitřní síly	Hodnota	Jednotky
Ohyb + smyk + osová síla	66	$M_y$	24,92	kNm
		$M_z$	143,88	kNm
		$N$	-404,69	kN
		$V$	33,15	kN
Vzpěr	285	$N$	-577,64	kN

### 8.2.3. Třída průřezu

Tlačená pásnice

*Poměrné přetvoření*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

*Poměr c/t:*

$$c = 220,00 \text{ mm}$$

$$t = 10,00 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{220,00}{10,00} = 22,00 \leq 33 \times \varepsilon = 33 \times 0,814 = 26,85 \quad \text{Třída 1}$$

Ohýbaná stojina

*Napětí od ohybu*

$$\sigma_H = \frac{M_y}{I_y} \times z_h = \frac{132,46}{20,03 \times 10^7} \times 180,00 = 119,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_D = \frac{M_y}{I_y} \times z_d = \frac{132,46}{20,03 \times 10^7} \times -180,00 = -119,04 \text{ MPa}$$

*Napětí od normálové síly*

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{-508,86}{11200,00} = -45,43 \text{ MPa}$$

*Celkové napětí*

$$\sigma_h = \sigma_H + \sigma = 119,04 - 45,53 = 73,60 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = \sigma_D + \sigma = -119,04 - 45,53 = -164,47 \text{ MPa}$$

*Poměr napětí*

$$\alpha = \frac{73,60}{(73,60 + 164,47)} = 0,31$$

*Poměr c/t:*

$$c = 340,00 \text{ mm}$$

$$t = 10,00 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{340,00}{10,00} = 34,00 \leq \frac{36 \times \varepsilon}{\alpha} = \frac{36 \times 0,81}{0,31} = 94,74 \quad \text{Třída 1}$$

### 8.2.4. Ohyb + smyk + osová síla – ruční výpočet

Účinek smyku

$$\eta = 1,20 \text{ (pro ocel S355)}$$

*Smyková plocha*

$$A_v = \eta \times h_w \times t_w = 1,20 \times 340,00 \times 10,00 = 4320,00 \text{ mm}^2$$

*Plastická únosnost ve smyku*

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{4320,00 \times (355 / \sqrt{3})}{1,00} = 885,42 \text{ kN}$$

Poměr  $V_{Ed}/V_{pl,Rd}$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{33,15}{885,42} = 0,04 \leq 0,50$$

Jestliže návrhová hodnota smykové síly  $V_{Ed}$  není větší než 50 % návrhové plastické smykové únosnosti  $V_{pl,Rd}$ , je možné zanedbat její účinek na únosnost průřezu při působení ohybu a osově síly.

### Plastická únosnost

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{11200 \times 355}{1,00} = 3976,00 \text{ kN}$$

Při splnění podmínky:

$$N_{Ed} = 404,69 \leq 0,25 \times N_{pl,Rd} = 0,25 \times 3976,00 = 994,00 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{Ed} = 404,69 \leq \frac{h_w \times t_w \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{340,00 \times 10,00 \times 355}{1,00} = 603,50 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Není nutné uvažovat účinek osově síly na plastický moment únosnosti při ohybu kolem osy y-y.

### Ohyb a osová síla

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{404,69}{3976,00} = 0,10$$

$$a_f = (A - 2 \times h \times t_w) / A = (11200 - 2 \times 360,00 \times 10,00) / 11200 = 0,61 \not\leq 0,50$$

$$a_f = 0,50$$

### Návrhová únosnost v ohybu

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9,56 \times 10^5 \times 355}{1,00} = 339,38 \text{ kNm}$$

### Návrhová plastický moment únosnosti

$$\begin{aligned} M_{N,z,Rd} &= M_{pl,z,Rd} \times (1 - n) \times (1 - 0,5 \times a_f) = \\ &= 339,38 \times (1 - 0,10) \times (1 - 0,5 \times 0,50) = \\ &= 406,45 \text{ kNm} \not\leq M_{pl,z,Rd} = 339,38 \text{ kNm} \\ &= 339,38 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### Podmínka (6.31)

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} = \frac{143,88}{339,38} = 0,42 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### 8.2.5. Ohyb + smyk + osová síla – Rfem

#### Posouzení

Moment  
Plastický průřezový modul  
Mez kluzu  
Dílní součinitel únosnosti  
Únosnost v ohybu  
Posouvající síla  
Účinná smyková plocha  
Únosnost ve smyku  
Krouticí moment  
Moment tuhosti v kroucení  
Tloušťka plechu  
Smykové napětí  
Únosnost ve smyku  
Kritérium  $V_{y,Ed} / V_{pl,y,T,Rd}$   
Normálová síla  
Plocha průřezu  
Únosnost při působení osově síly  
Výška plechu stojiny  
Tloušťka stojiny  
Kritérium 1  
Výška průřezu  
Tloušťka stojiny  
Součinitel  
Únosnost v ohybu  
Složka posouzení  $M_z$   
Posouzení

$M_{z,Ed}$	127.050	kNm
$W_{pl,z}$	956000.0	mm <sup>3</sup>
$f_y$	360.000	MPa
$\gamma_{M0}$	1.000	
$M_{pl,z,Rd}$	344.160	kNm
$V_{y,Ed}$	32.254	kN
$A_{w,y}$	4400.0	mm <sup>2</sup>
$V_{pl,y,Rd}$	914.523	kN
$T_{Ed}$	7.561	kNm
$I_t$	1.93311E+08	mm <sup>4</sup>
$t_{v,y}$	10.0	mm
$\tau_{t,Ed}$	5.143	MPa
$V_{pl,y,T,Rd}$	891.891	kN
$v_{y,T}$	0.036	
$N_{Ed}$	-147.110	kN
$A$	11200.0	mm <sup>2</sup>
$N_{pl,Rd}$	4032.000	kN
$h_w$	340.0	mm
$t_w$	10.0	mm
$n$	0.036	
$h$	360.0	mm
$t_w$	10.0	mm
$a_f$	0.357	
$M_{N,pl,z,Rd}$	344.160	kNm
$\eta_{Mz}$	0.37	
$\eta$	0.37	

1 | 0.510 | KZ66

0.37 | ≤ 1

206)

Posouzení průřezu - ohyb okolo z, smyk, kroucení a osová síla podle 6.2.9.1

Rozdíl mezi výsledkem ručního výpočtu a výpočtem programem Rfem je způsobený tím že program posuzuje oblouk v jiném místě než při ručním výpočtu. Tím se nepatrně liší i vnitřní síly.

### 8.2.6. Vzpěrná únosnost + ohyb

#### Vybočení v rovině oblouku

#### Polovina délky oblouku

$s = 18840,00$  mm

#### Vzepětí oblouku

$f = 6000,00$  mm

#### Průmět délky oblouku

$l = 35000,00$  mm

#### Poměr $f/l$

$$\frac{f}{l} = \frac{6000,00}{35000,00} = 0,17$$

#### Počet závěsů

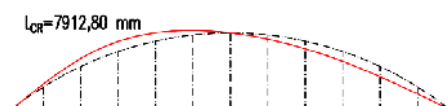
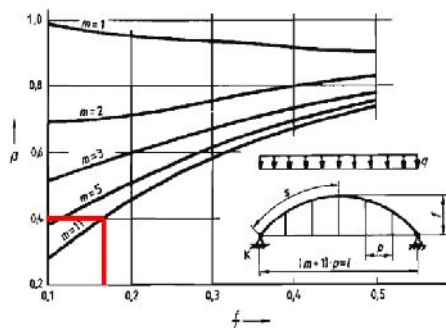
$m = 11$

#### Součinitel vzpěrné délky

$\beta = 0,42$

#### Vzpěrná délka

$$L_{CR,y} = \beta \times s = 0,42 \times 18840,00 = 7912,80 \text{ mm}$$



*Kritická síla*

$$N_{cr,y} = \left( \frac{\pi}{\beta \times s} \right)^2 \times EI_y = \left( \frac{\pi}{0,42 \times 18840,00} \right)^2 \times 210000 \times 20,03 \times 10^7 = 6630,40 \text{ kN}$$

*Poměrná štíhlost*

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{11200 \times 355}{6630,40 \times 10^3}} = 0,74$$

*Křivka vzpěrné pevnosti*  $b$

*Součinitel imperfekce*

$$\alpha = 0,34$$

*Hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti*

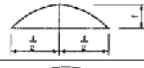
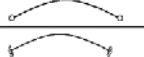
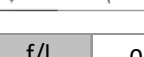
$$\phi_y = 0,5 \times \left[ 1 + \alpha \times (\bar{\lambda}_y - 0,20) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = 0,5 \times \left[ 1 + 0,34 \times (0,74 - 0,20) + 0,74^2 \right] = 0,90$$

*Součinitel vzpěrnosti*

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,90 + \sqrt{0,90^2 - 0,74^2}} = 0,74$$

*Návrhová vzpěrná únosnost tlačného prutu*

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,74 \times 11200 \times 355}{1,10} = 2675,21 \text{ kN}$$

	$\eta$	0,05	0,075	0,10	0,15	0,20
	$K$	35	23	17	10	8
		319	97	42	13	6

$f/l$	0,15	0,2	0,17
$K$	10	8	<b>9,2</b>

*Prolomení oblouku*

*Součinitel K*

$$K = 9,20$$

*Podmínka (D. 5)*

$$I \times \sqrt{\frac{E \times A}{12 \times E \times I_y}} > K$$

$$35000,00 \times \sqrt{\frac{210000 \times 11200}{12 \times 210000 \times 20,03 \times 10^7}} > 9,20$$

$$75,55 > 9,20 \quad \underline{\underline{\text{NEDOJDE K PROLOMENÍ}}}$$

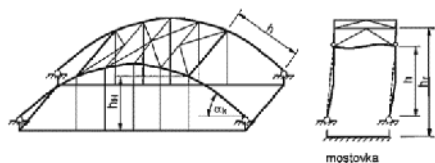
*Vybočení z roviny oblouku*

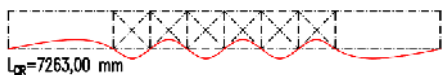
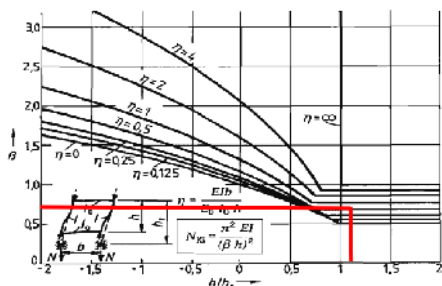
*Úhel tečny oblouku*

$$\alpha = 38,00^\circ$$

*Vzdálenost portálu*

$$h = 9680,00 \text{ mm}$$





Stanovení výšky  $h_r$

místo	$h$ [m]	$h_r$ [m]
$x_1$	4,50	7,31
$x_2$	5,30	8,61
$x_3$	5,80	9,42
$x_4$	6,00	9,75
$x_5$	5,80	9,42
$x_6$	5,30	8,61
$x_7$	4,50	7,31

$$h_r = \frac{\sum h_r}{\sin \alpha} = 8630 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{h_r} = \frac{9680,00}{8630,00} = 1,12$$

$$\beta = 0,75$$

Vzpěrná délka

$$L_{CR,z} = \beta \times l = 0,75 \times 9680,00 = 7263,00 \text{ mm}$$

Kritická síla

$$N_{CR,z} = \left( \frac{\pi}{\beta \times l} \right)^2 \times EI_z = \left( \frac{\pi}{0,75 \times 9680,00} \right)^2 \times 210000 \times 9,28 \times 10^7 = 3640,97 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{CR,z}}} = \sqrt{\frac{11200 \times 355}{3640,97 \times 10^3}} = 1,04$$

Křivka vzpěrné pevnosti  $b$

Součinitel imperfekce

$$\alpha = 0,34$$

Hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti

$$\phi_z = 0,5 \times \left[ 1 + \alpha \times (\bar{\lambda}_z - 0,20) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = 0,5 \times \left[ 1 + 0,34 \times (1,04 - 0,20) + 1,04^2 \right] = 1,19$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,19 + \sqrt{1,19^2 - 1,04^2}} = 0,57$$

Návrhová vzpěrná únosnost tlačeního prutu

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,57 \times 11200 \times 355}{1,10} = 2057,08 \text{ kN}$$

Stanovení součinitele klopení

Součinitele vzpěrné délky

$$k_y = 0,50 \quad k_z = 0,50 \quad k_w = 1,00$$

Bezrozměrný parametr kroucení

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \times L} \sqrt{\frac{E \times I_w}{G \times I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \times 7912,80} \sqrt{\frac{210000 \times 7,88 \times 10^{10}}{81000 \times 1,93 \times 10^8}} = 0,01$$

Součinitelé závislé na zatížení a podmínkách uložení konců

$$C_1 = C_{1,0} = 1,49 \text{ (pro } \kappa_w = 0)$$

$$C_2 = 0,90$$

Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu

$$\zeta_j = 0$$

Souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

$$z_g = z_a - z_s = 0,5 \times 360,00 - 0 = 180,00 \text{ mm}$$

Kde

$z_a$  souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu

$z_s$  souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu

Bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

$$\zeta_g = \frac{\pi \times z_g}{k_z \times L} \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{\pi \times 186,00}{0,5 \times 7912,00} \sqrt{\frac{210000 \times 9,28 \times 10^7}{81000 \times 1,93 \times 10^8}} = 0,16$$

Bezrozměrný kritický moment

$$\begin{aligned} \mu_{cr} &= \frac{C_1}{k_z} \left[ \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \times \zeta_g - C_3 \times \zeta_j)^2} - (C_2 \times \zeta_g - C_3 \times \zeta_j) \right] = \\ &= \frac{1,49}{0,50} \left[ \sqrt{1 + 0,01^2 + (0,90 \times 0,16 - 0,52 \times 0)^2} - (0,90 \times 0,16 - 0,52 \times 0) \right] \\ &= 2,58 \end{aligned}$$

Pružný kritický moment

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \mu_{cr} \times \frac{\pi \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t}}{L} = \\ &= 2,58 \times \frac{\pi \times \sqrt{210000 \times 9,28 \times 10^7 \times 81000 \times 1,93 \times 10^8}}{7912,00} = \\ &= 17912,01 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,35 \times 10^6 \times 355}{17912,01 \times 10^6}} = 0,16$$

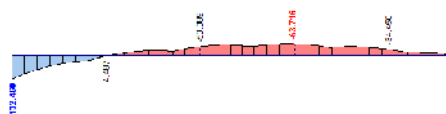
Křivka klopení pro svařované I profily

$$h = 360,00 \text{ mm}$$

$$b = 220,00 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{b} = \frac{360,00}{220,00} = 1,64 < 2 \quad \text{Křivka klopení - c}$$





*Součinitel imperfekce*

$$\alpha_{LT} = 0,49$$

*Hodnota pro výpočet součinitele klopení*

$$\begin{aligned}\phi_{LT} &= 0,5 \times \left[ 1 + \alpha_{LT} \times (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \times \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = \\ &= 0,5 \times \left[ 1 + 0,49 \times (0,16 - 0,40) + 0,75 \times 0,16^2 \right] = 0,45\end{aligned}$$

Kde

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,40 \quad \text{doporučená hodnota}$$

$$\beta = 0,75 \quad \text{doporučená hodnota}$$

*Součinitel klopení*

$$\begin{aligned}\chi_{LT} &= \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \times \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \\ &= \frac{1}{0,45 + \sqrt{0,45^2 - 0,75 \times 0,16^2}} = 1,13 \neq 1,00\end{aligned}$$

$$\chi_{LT} = 1,00$$

*Interakční součinitele (y-y) - parabola*

$k_{yy}$

$$M_{h1} = 132,46 \text{ kNm}$$

$$M_{h2} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_s = -63,70 \text{ kNm}$$

*Poměr koncových momentů*

$$\psi = \frac{M_{h2}}{M_{h1}} = \frac{0,00}{132,46} = 0,00$$

*Poměr momentů*

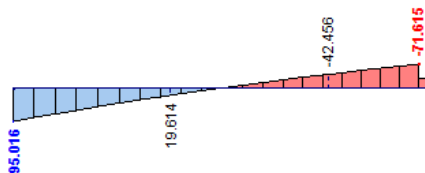
$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_{h1}} = \frac{-63,70}{132,46} = -0,48$$

*Součinitel  $C_{my}$  pro rovnoměrné zatížení*

$$C_{my} = 0,1 - 0,8 \times \alpha_s = 0,1 - 0,8 \times -0,48 = 0,48 \geq 0,40$$

*Interakční součinitel  $k_{yy}$*

$$\begin{aligned}& C_{my} \times \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rk}} \right) \leq C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rk}} \right) \\ & 0,48 \times \left( 1 + (0,77 - 0,2) \times \frac{508,86}{\frac{0,74 \times 3976,00}{1,10}} \right) \leq 0,48 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{508,86}{\frac{0,74 \times 3976,00}{1,10}} \right) \\ & 0,54 \leq 0,56\end{aligned}$$



$$k_{yy} = 0,54$$

$$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 0,48 = 0,29$$

Interakční součinitele (z-z) - Lineární průběh

$$k_{zz}$$

$$M_1 = 95,02 \text{ kNm}$$

$$M_2 = -71,62 \text{ kNm}$$

*Poměr koncových momentů*

$$\psi = \frac{M_2}{M_1} = \frac{-71,62}{95,02} = -0,75$$

*Součinitel  $C_{mz}$  pro rovnoměrné zatížení*

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \times \psi = 0,6 + 0,4 \times -0,75 = 0,30 \not\geq 0,40$$

$$C_{mz} = 0,40$$

*Interakční součinitel  $k_{yy}$*

$$C_{mz} \times \left( 1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rk}} \right) \leq C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rk}} \right)$$

$$0,40 \times \left( 1 + (1,04 - 0,2) \times \frac{508,86}{0,57 \times 3976,00} \right) \leq 0,48 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{508,86}{0,57 \times 3976,00} \right)$$

$$0,48 \leq 0,48$$

$$k_{zz} = 0,48$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 0,54 = 0,32$$

*Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu k ose y-y*

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 1,35 \times 10^6 \times 355 = 478,54 \text{ kNm}$$

*Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu k ose z-z*

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 9,56 \times 10^5 \times 355 = 339,38 \text{ kNm}$$

Podmínka 1 (6.61)

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rk}} + k_{yy} \times \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \times M_{y,Rk}} + k_{yz} \times \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{508,86}{0,74 \times 3976,00} + 0,54 \times \frac{132,46}{1,00 \times 478,54} + 0,29 \times \frac{95,02}{339,38} \leq 1,0$$

$$1,10 \quad 1,10 \quad 1,10$$

$$0,40 \leq 1,0 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

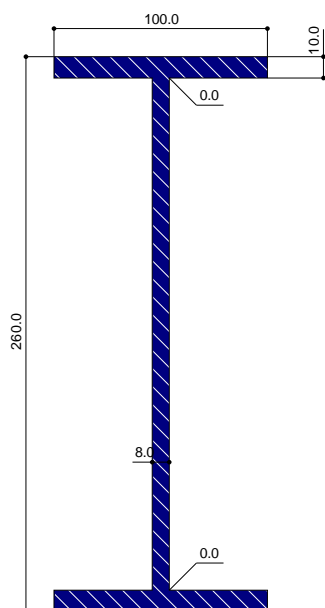
Podmínka 2 (6.62)

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rk}} + k_{zy} \times \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \times M_{y,Rk}} + k_{zz} \times \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{508,86}{0,57 \times 3976,00} + 0,32 \times \frac{132,46}{1,00 \times 478,54} + 0,48 \times \frac{95,02}{339,48} \leq 1,0$$

$$\frac{1,10}{1,10} + \frac{1,10}{1,10} + \frac{1,10}{1,10} \leq 1,0$$

$$0,39 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

**8.3. Příčník**
**8.3.1. Průřezové charakteristiky**


Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška	h	260,000	mm
Šířka	b	100,000	mm
Tloušťka stojiny	s	8,000	mm
Tloušťka pásnice	t	10,000	mm
Tloušťka koutového svaru	a	0,000	mm
Plocha průřezu	A	3920,000	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	A <sub>y</sub>	2000,000	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	A <sub>z</sub>	1920,000	mm <sup>2</sup>
Plastická smyková plocha	A <sub>pl,y</sub>	2000,000	mm <sup>2</sup>
Plastická smyková plocha	A <sub>pl,z</sub>	2000,000	mm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I <sub>y</sub>	40480000,000	mm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I <sub>z</sub>	1676910,000	mm <sup>4</sup>
Polární moment setrvačnosti	I <sub>p</sub>	42160000,000	mm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	i <sub>y</sub>	101,600	mm
Poloměr setrvačnosti	i <sub>z</sub>	20,700	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i <sub>p</sub>	103,700	mm
Poloměr setrvačnosti pásnice + 1/5 výšky stojiny	i <sub>zg</sub>	24,600	mm
Hmotnost průřezu	G	30,800	kg/m
Plocha pláště	A <sub>plášť</sub>	0,904	m <sup>2</sup> /m
Moment tuhosti v kroucení	I <sub>t</sub>	105134,000	mm <sup>4</sup>
Výšečový moment setrvačnosti vztažený na M	I <sub>@v</sub>	26040000000,000	mm <sup>6</sup>
Součinitel tlumení	l	0,001	1/mm
Elastický průřezový modul	W <sub>y</sub>	311405,000	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	W <sub>z</sub>	33538,200	mm <sup>3</sup>
Výšečový průřezový modul	W <sub>w</sub>	4166670,000	mm <sup>4</sup>
Statický moment	S <sub>y,max</sub>	182600,000	mm <sup>3</sup>
Statický moment	S <sub>z,max</sub>	12480,300	mm <sup>3</sup>
Výšečová souřadnice	v <sub>max</sub>	6250,000	mm <sup>2</sup>
Výšečová plocha (plošný moment 1. stupně výseče)	S <sub>@v,max</sub>	1562500,000	mm <sup>4</sup>
Plastický průřezový modul	W <sub>pl,y,max</sub>	365200,000	mm <sup>3</sup>
Plastický průřezový modul	W <sub>pl,z,max</sub>	53840,000	mm <sup>3</sup>
Plastický výšečový průřezový modul	W <sub>pl,w</sub>	6250000,000	mm <sup>4</sup>

### 8.3.2. Vnitřní síly

Posudek	Kombinace	Vnitřní síly	Hodnota	Jednotky
Ohyb + osová síla	17	$M_y$	61,27	kNm
		$M_z$	-0,65	kNm
		N	-68,49	kN

### 8.3.3. Třída průřezu

*Poměrné přetvoření*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

*Poměr c/t:*

$$c = 46,00 \text{ mm}$$

$$t = 10,00 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{46,00}{10,00} = 4,60 \leq 9 \times \varepsilon = 9 \times 0,81 = 7,32 \quad \text{Třída 1}$$

### 8.3.4. Ohyb + osový tlak – ruční výpočet

*Stanovení součinitele klopení*

*Vzpěrná délka*

$$L_{CR,y} = 3000 \text{ mm}$$

$$L_{CR,z} = 3000 \text{ mm}$$

*Součinitele vzpěrné délky*

$$k_y = 0,50 \quad k_z = 0,50 \quad k_w = 1,00$$

*Bezrozměrný parametr kroucení*

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \times L} \sqrt{\frac{E \times I_w}{G \times I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \times 3000} \sqrt{\frac{210000 \times 2,60 \times 10^{10}}{81000 \times 1,05 \times 10^5}} = 0,84$$

*Součinitelé závislé na zatížení a podmínkách uložení konců*

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \times \kappa_w = 1,49 + (1,52 - 1,49) \times 0,84 = 1,52$$

$$C_2 = 0,90$$

*Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu*

$$\zeta_j = 0$$

*Souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku*

$$z_g = z_a - z_s = 0,5 \times 260,00 - 0 = 130,00 \text{ mm}$$

Kde

$z_a$  souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu

$z_s$  souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu

*Bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku*

$$\zeta_g = \frac{\pi \times z_g}{k_z \times L} \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{\pi \times 130,00}{0,50 \times 3000,00} \sqrt{\frac{210000 \times 1,68 \times 10^6}{81000 \times 1,05 \times 10^5}} = 1,75$$

*Bezrozměrný kritický moment*

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left[ \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \times \zeta_g - C_3 \times \zeta_j)^2} - (C_2 \times \zeta_g - C_3 \times \zeta_j) \right] =$$

$$= \frac{1,52}{0,50} \left[ \sqrt{1 + 0,84^2 + (0,90 \times 1,75 - 0,52 \times 0)^2} - (0,90 \times 1,75 - 0,52 \times 0) \right]$$

$$= 1,43$$

*Pružný kritický moment*

$$M_{cr} = \mu_{cr} \times \frac{\pi \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t}}{L} =$$

$$= 1,43 \times \frac{\pi \times \sqrt{210000 \times 1,68 \times 10^6 \times 81000 \times 1,05 \times 10^5}}{3000} =$$

$$= 82,02 \text{ kNm}$$

*Poměrná štíhlost*

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{3,65 \times 10^5 \times 355}{82,02 \times 10^6}} = 1,26$$

*Křivka klopení pro svařované I profily*

$$h = 260,00 \text{ mm}$$

$$b = 100,00 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{b} = \frac{260,00}{100,00} = 2,60 > 2 \quad \text{Křivka klopení - d}$$

*Součinitel imperfekce*

$$\alpha_{LT} = 0,76$$

*Hodnota pro výpočet součinitele klopení*

$$\phi_{LT} = 0,5 \times \left[ 1 + \alpha_{LT} \times (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \times \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] =$$

$$= 0,5 \times \left[ 1 + 0,76 \times (1,26 - 0,40) + 0,75 \times 1,26^2 \right] = 1,42$$

Kde

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,40 \quad \text{doporučená hodnota}$$

$$\beta = 0,75 \quad \text{doporučená hodnota}$$

*Součinitel klopení*

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \times \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,42 + \sqrt{1,42^2 - 0,75 \times 1,26^2}} = 0,43$$

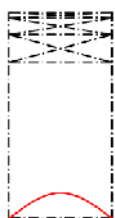
*Vybočení ve směru osy, y'*

*Vzpěrná délka*

$$L_{CR,y} = 3000,00 \text{ mm}$$



$$L_{CR} = 3000,00 \text{ mm}$$



$L_{CR} = 3000,00 \text{ mm}$

*Kritická síla*

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 4,05 \times 10^7}{3000^2} = 9322,17 \text{ kN}$$

*Poměrná štíhlost*

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3920 \times 355}{9322,17 \times 10^3}} = 0,39$$

*Křivka vzpěrné pevnosti*  $b$

*Součinitel imperfekce*

$$\alpha = 0,34$$

*Hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti*

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times \left[ 1 + \alpha \times (\bar{\lambda}_y - 0,20) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = \\ &= 0,5 \times \left[ 1 + 0,34 \times (0,39 - 0,20) + 0,39^2 \right] = 0,61 \end{aligned}$$

*Součinitel vzpěrnosti*

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,61 + \sqrt{0,61^2 - 0,39^2}} = 0,93$$

*Návrhová vzpěrná únosnost tlačeního prutu*

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,93 \times 3920 \times 355}{1,10} = 1176,53 \text{ kN}$$

*Vybočení ve směru osy, z'*

*Vzpěrná délka*

$$L_{CR,z} = 3000,00 \text{ mm}$$

*Kritická síla*

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 1,68 \times 10^6}{3000^2} = 386,18 \text{ kN}$$

*Poměrná štíhlost*

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{3920 \times 355}{386,18 \times 10^3}} = 1,90$$

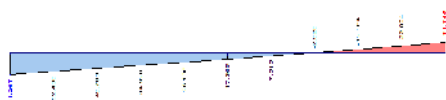
*Křivka vzpěrné pevnosti*  $c$

*Součinitel imperfekce*

$$\alpha = 0,49$$

*Hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti*

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \times \left[ 1 + \alpha \times (\bar{\lambda}_z - 0,20) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = \\ &= 0,5 \times \left[ 1 + 0,49 \times (1,90 - 0,20) + 1,90^2 \right] = 2,72 \end{aligned}$$



*Součinitel vzpěrnosti*

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{2,72 + \sqrt{2,72^2 - 1,90^2}} = 0,21$$

*Návrhová vzpěrná únosnost tlačeního prutu*

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,21 \times 3920 \times 355}{1,10} = 265,67 \text{ kN}$$

*Interakční součinitele (y-y) - Lineární průběh*

$k_{yy}$

$$M_1 = 61,23 \text{ kNm}$$

$$M_2 = -31,84 \text{ kNm}$$

*Poměr koncových momentů*

$$\psi = \frac{M_{h2}}{M_{h1}} = \frac{-31,84}{61,23} = -0,52$$

*Součinitel  $C_{my}$  pro rovnoměrné zatížení*

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \times \psi = 0,6 + 0,4 \times -0,52 = 0,39 \neq 0,40$$

$$C_{my} = 0,40$$

*Interakční součinitel  $k_{yy}$*

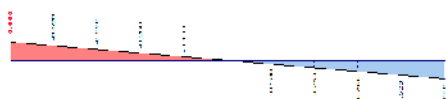
$$C_{my} \times \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rk}} \right) \leq C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rk}} \right)$$

$$0,40 \times \left( 1 + (0,39 - 0,2) \times \frac{68,49}{0,93 \times 1391,60} \right) \leq 0,40 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{68,49}{0,93 \times 1391,60} \right)$$

$$0,40 \leq 0,44$$

$$k_{yy} = 0,40$$

$$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 0,54 = 0,33$$



*Interakční součinitele (z-z) - Lineární průběh*

$k_{zz}$

$$M_1 = -0,65 \text{ kNm}$$

$$M_2 = 0,65 \text{ kNm}$$

*Poměr koncových momentů*

$$\psi = \frac{M_2}{M_1} = \frac{0,65}{-0,65} = -1,00$$

*Součinitel  $C_{mz}$  pro rovnoměrné zatížení*



$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \times \psi = 0,6 + 0,4 \times -1 = 0,20 \neq 0,40$$

$$C_{mz} = 0,40$$

Interakční součinitel  $k_{zz}$

$$C_{mz} \times \left( 1 + \left( 2 \times \bar{\lambda}_z - 0,6 \right) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rk}} \right) \leq C_{my} \times \left( 1 + 1,4 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rk}} \right)$$

$$0,40 \times \left( 1 + \left( 2 \times 1,90 - 0,2 \right) \times \frac{68,49}{0,21 \times 1391,60} \right) \leq 0,40 \times \left( 1 + 1,4 \times \frac{68,49}{0,21 \times 1391,60} \right)$$

$$0,72 \neq 0,54$$

$$k_{zz} = 0,54$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 0,40 = 0,24$$

Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu k ose y-y

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 3,65 \times 10^5 \times 355 = 110,55 \text{ kNm}$$

Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu k ose z-z

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 5,38 \times 10^4 \times 355 = 11,91 \text{ kNm}$$

Podmínka 1 (6.61)

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rk}} + k_{yy} \times \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \times M_{y,Rk}} + k_{yz} \times \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{68,49}{0,93 \times 1391,60} + 0,40 \times \frac{61,27}{0,43 \times 110,55} + 0,33 \times \frac{0,65}{11,91} \leq 1,0$$

$$\frac{1,10}{1,10} \leq 1,0$$

$$0,62 \leq 1,0 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

Podmínka 2 (6.62)

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rk}} + k_{zy} \times \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \times M_{y,Rk}} + k_{zz} \times \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{68,49}{0,21 \times 1391,60} + 0,24 \times \frac{61,27}{0,43 \times 110,55} + 0,54 \times \frac{0,65}{11,91} \leq 1,0$$

$$\frac{1,10}{1,10} \leq 1,0$$

$$0,59 \leq 1,0 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

### 8.3.5. Ohyb + osový tlak – Rfem

#### Posouzení

Kritická síla pro vybočení zkroucením	$N_{cr,T}$	1349.420	kN
Poměrná štíhlost	$\lambda_{_T}$	1.023	
Křivka vzpěrné pevnosti	$KVP_z$	c	
Součinitel imperfekce	$\alpha_z$	0.490	
Pomocný součinitel	$\Phi_T$	1.224	
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_T$	0.527	
Modul pružnosti	E	210000.000	MPa
Moment setrvačnosti	$I_y$	40482700.0	mm <sup>4</sup>
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,y}$	3.000	m
Pružná kritická síla	$N_{cr,y}$	9322.790	kN
Plocha průřezu	A	3920.0	mm <sup>2</sup>
Mez kluzu	$f_y$	360.000	MPa
Poměrná štíhlost	$\lambda_{_y}$	0.389	
Křivka vzpěrné pevnosti	$KVP_y$	b	
Součinitel imperfekce	$\alpha_y$	0.340	
Pomocný součinitel	$\Phi_y$	0.608	
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_y$	0.930	
Moment setrvačnosti	$I_z$	1676910.0	mm <sup>4</sup>
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,z}$	3.000	m
Pružná kritická síla	$N_{cr,z}$	386.176	kN
Poměrná štíhlost	$\lambda_{_z}$	1.912	
Křivka vzpěrné pevnosti	$KVP_z$	c	
Součinitel imperfekce	$\alpha_z$	0.490	
Pomocný součinitel	$\Phi_z$	2.746	
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_z$	0.212	
Výška průřezu	h	260.0	mm
Šířka průřezu	b	100.0	mm
Kritérium	h/b	2.60	
Křivka vzpěrné pevnosti	$KVP_{LT}$	d	
Součinitel imperfekce	$\alpha_{LT}$	0.760	
Smykový modul	G	81000.000	MPa
Součinitel délky	$k_z$	1.000	
Součinitel délky	$k_w$	1.000	
Délka	L	3.000	m
Výsečový moment setrvačnosti	$I_w$	2.60417E+10	mm <sup>6</sup>
Moment tuhosti v kroucení	$I_t$	105134.0	mm <sup>4</sup>
Pružný kritický moment při klopení pro výpočet poměrné štíhlosti	$M_{cr,0}$	74.864	kNm
Součinitel momentu	$C_1$	2.443	
Kritický moment při klopení	$M_{cr}$	178.926	kNm
Průřezový modul	$W_y$	365200.0	mm <sup>3</sup>
Poměrná štíhlost	$\lambda_{_LT}$	0.857	
Parametr	$\lambda_{_LT,0}$	0.400	
Parametr	$\beta$	0.750	
Pomocný součinitel	$\Phi_{LT}$	0.949	
Součinitel klopení	$\chi_{LT}$	0.649	
Opravný součinitel	$k_c$	0.666	
Modifikační součinitel	f	0.834	
Součinitel klopení	$\chi_{LT,mod}$	0.778	
Typ úlohy kolem osy y	Typ	Pevně	
Průběh momentu	Diagr $M_y$	2) Max. na okraji	
Součinitel momentu	$\psi_y$	-0.520	
Moment	$M_{h,y}$	61.267	kNm
Moment	$M_{s,y}$	17.356	kNm
Poměr $M_{s,y} / M_{h,y}$	$\alpha_{s,y}$	0.283	
Typ zatížení	Zatížení z	Rovnom. půs. zatíž.	
Součinitel momentu	$C_{my}$	0.427	
Typ úlohy kolem osy z	Typ	Pevně	
Průběh momentu	Diagr $M_z$	1) Lineární	
Součinitel momentu	$\psi_z$	-1.000	
Součinitel momentu	$C_{mz}$	0.400	
Průběh momentu	Diagr $M_{y,LT}$	2) Max. na okraji	
Součinitel momentu	$\psi_{y,LT}$	-0.520	
Moment	$M_{h,y,LT}$	61.267	kNm
Moment	$M_{s,y,LT}$	17.356	kNm

Poměr  $M_{s,y,LT} / M_{h,y,LT}$   
Typ zatížení

Součinitel momentu  
Typ dílce  
Součinitel interakce  
Součinitel interakce  
Součinitel interakce  
Součinitel interakce  
Osová síla (tlak)  
Rozhodující průřezová plocha  
Únosnost v tlaku  
Dílčí součinitel únosnosti  
Složka posouzení N  
Složka posouzení N  
Moment  
Průřezový modul  
Únosnost v ohybu  
Momentová složka  
Moment  
Průřezový modul  
Únosnost v ohybu  
Momentová složka  
Posouzení 1  
Posouzení 2

54 | 0.000 | KZ17 |

$\alpha_{s,y,LT}$   
Zatížení z

$C_{mLT}$   
Dílec  
 $k_{yy}$   
 $k_{yz}$   
 $k_{zy}$   
 $k_{zz}$   
 $N_{Ed}$   
 $A_i$   
 $N_{Rk}$   
 $\gamma_{M1}$   
 $\eta_{Ny}$   
 $\eta_{Nz}$   
 $M_{y,Ed}$   
 $W_{y,Rk}$   
 $M_{y,Rk}$   
 $\eta_{My}$   
 $M_{z,Ed}$   
 $W_{z,Rk}$   
 $M_{z,Rk}$   
 $\eta_{Mz}$   
 $\eta_1$   
 $\eta_2$

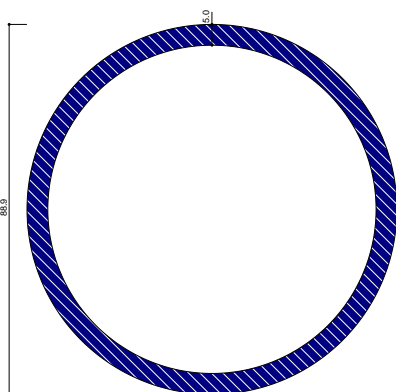
0.283  
Rovnom. půs.  
zatíž.  
0.427  
Torz. měkký  
0.431  
0.317  
0.870  
0.528  
68.489 kN  
3920.0 mm<sup>2</sup>  
1411.200 kN  
1.000  
0.05  
0.23  
61.267 kNm  
365200.0 mm<sup>3</sup>  
131.472 kNm  
0.60  
0.650 kNm  
53840.0 mm<sup>3</sup>  
19.382 kNm  
0.03  
0.32  
0.77

0.77 | ≤ 1 | 364) | Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2

Ruční výpočet se zde liší při stanovení součinitele klopení, kde byly použity parametry  $\lambda_{LT,0}$  a  $\beta$ . Součinitel klopení potom vyšel menší než v posudku v Rfemu. Liší se také hodnota interakčního součinitele. Posudek v Rfemu byl navíc proveden při zohlednění kroucení, které je ovšem zanedbatelné a proto v ručním výpočtu nebylo počítáno.

## 8.4. Podmostovkové ztužení

### 8.4.1. Průřezové charakteristiky



Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Vnější průměr	D	88,900	mm
Tloušťka stěny	s	5,000	mm
Plocha průřezu	A	1320,000	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_v$	654,900	mm <sup>2</sup>
Plocha jádra	$A_{jád}$	5528,600	mm <sup>2</sup>
Plastická smyková plocha	$A_{pl,y}$	839,000	mm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_y$	1160000,000	mm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	$i_y$	29,700	mm
Polární poloměr setrvačnosti	$i_p$	42,000	mm
Objem	V	1320000,000	mm <sup>3</sup> /m
Hmotnost průřezu	G	10,400	kg/m
Plocha pláště	$A_{plášť}$	0,279	m <sup>2</sup> /m
Součinitel profilu	$A_m/V$	211,364	1/m
Moment tuhosti v kroucení	$I_t$	2330000,000	mm <sup>4</sup>
Průřezový modul v kroucení	$W_t$	52400,000	mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	$W_y$	26200,000	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{y,max}$	8823,500	mm <sup>3</sup>
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	35200,000	mm <sup>3</sup>

#### 8.4.2. Vnitřní síly

Posudek	Kombinace	Vnitřní síly	Hodnota	Jednotky
Vzpěr	231	N	-68,40	kN

#### 8.4.3. Třída průřezu

*Poměrné přetvoření*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

*Poměr d/t:*

$$d = 88,90 \text{ mm}$$

$$t = 5,00 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{88,90}{5,00} = 17,78 \leq 50 \times \varepsilon^2 = 50 \times 0,81^2 = 33,10 \quad \text{Třída 1}$$

#### 8.4.4. Vzpěrná únosnost – ruční výpočet

*Vybočení ve směru osy, y'*

*Vzpěrná délka*

$$L_{cr,y} = 1952,50 \text{ mm}$$

*Kritická síla*

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 1,16 \times 10^6}{1952,50^2} = 630,66 \text{ kN}$$

*Poměrná štíhlost*

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1320 \times 355}{630,66 \times 10^3}} = 0,86$$

*Křivka vzpěrné pevnosti*  $a$

*Součinitel imperfekce*

$$\alpha = 0,21$$

*Hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti*

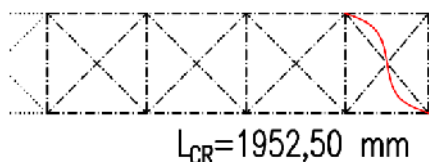
$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times \left[ 1 + \alpha \times (\bar{\lambda}_y - 0,20) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = \\ &= 0,5 \times \left[ 1 + 0,21 \times (0,86 - 0,20) + 0,86^2 \right] = 0,94 \end{aligned}$$

*Součinitel vzpěrnosti*

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,94 + \sqrt{0,94^2 - 0,86^2}} = 0,76$$

*Návrhová vzpěrná únosnost tlačенého prutu*

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,76 \times 1320 \times 355}{1,10} = 323,76 \text{ kN}$$



Podmínka (6.47)

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{68,40}{323,76} = 0,21 \leq 1,00 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

**8.4.5. Vzpěrná únosnost – Rfem**
**Posouzení**

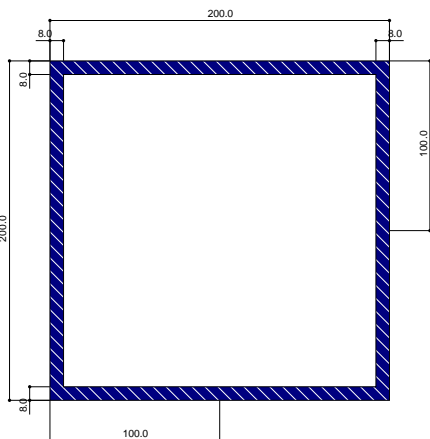
Modul pružnosti  
 Moment setrvačnosti  
 Vzpěrná délka prutu  
 Pružná kritická síla  
 Plocha průřezu  
 Mez kluzu  
 Poměrná štíhlost  
 Osová síla (tlak)  
 Kritérium  $N_{Ed} / N_{cr,y}$   
 Křivka vzpěrné pevnosti  
 Součinitel imperfekce  
 Pomocný součinitel  
 Součinitel vzpěrnosti  
 Dílčí součinitel únosnosti  
 Vzpěrná únosnost  
 Posouzení

E	210000.000	MPa
$I_y$	1160000.0	mm <sup>4</sup>
$L_{cr,y}$	1.953	m
$N_{cr,y}$	630.619	kN
A	1320.0	mm <sup>2</sup>
$f_y$	360.000	MPa
$\lambda_y$	0.868	
$N_{Ed}$	68.398	kN
$\eta_{N,cr}$	0.108	
KVP <sub>y</sub>	a	
$\alpha_y$	0.210	
$\Phi_y$	0.947	
$\chi_y$	0.755	
$\gamma_{M1}$	1.000	
$N_{b,y,Rd}$	358.582	kN
$\eta$	0.19	

157 | 0.000 | KZ231 |

0.19 | ≤ 1 | 302) | Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2

U posudku podmostovkového ztužení je rozdíl způsoben součinitelem  $\gamma_{M1}$ , který je pro mosty roven 1,00.

**8.5. Portál**
**8.5.1. Průřezové charakteristiky**


Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška	a	200,000	mm
Šířka	b	200,000	mm
Tloušťka stěny vlevo	$t_{al}$	8,000	mm
Tloušťka stěny vpravo	$t_{ar}$ s/ub:	8,000	mm
Tloušťka stěny nahoře	$t_{bh}$	8,000	mm
Tloušťka stěny dole	$t_{bd}$	8,000	mm
Plocha průřezu	A	6144,000	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_y$	2566,100	mm <sup>2</sup>
Plocha jádra	$A_{jad}$	36864,000	mm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_y$	37810000,000	mm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	$i_y$	78,500	mm
Polární poloměr setrvačnosti	$i_p$	110,900	mm
Hmotnost průřezu	G	48,200	kg/m
Plocha pláště	$A_{plášt}$	0,800	m <sup>2</sup> /m
Moment tuhosti v kroucení	$I_t$	56750000,000	mm <sup>4</sup>
Výsečový moment setrvačnosti vztažený na M	$I_{@v}$	0,000	mm <sup>6</sup>
Elastický průřezový modul	$W_y$	378143,000	mm <sup>3</sup>
Výsečový průřezový modul	$W_w$	0,000	mm <sup>4</sup>
Statický moment	$S_{y,max}$	110656,000	mm <sup>3</sup>
Výsečová souřadnice	$v_{max}$	0,000	mm <sup>2</sup>
Výsečová plocha (plošný moment 1. stupně výseče)	$S_{@v,max}$	0,000	mm <sup>4</sup>
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y,max}$	442624,000	mm <sup>3</sup>

**8.5.2. Vnitřní síly**

Posudek	Kombinace	Vnitřní síly	Hodnota	Jednotky
Ohyb	247	$M_z$	39,56	kNm

**8.5.3. Třída průřezu**

Ohýbaná pásnice

*Poměrné přetvoření*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

*Poměr  $c/t$ :*

$$c = 184,00 \text{ mm}$$

$$t = 8,00 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{184,00}{8,00} = 23,00 \leq 72 \times \varepsilon = 72 \times 0,814 = 58,58 \quad \text{Třída 1}$$

Ohýbaná stojina

*Napětí od ohybu*

$$\sigma_H = \frac{M_z}{I_z} \times z_h = \frac{39,56}{5,66 \times 10^7} \times 100,00 = 104,63 \text{ MPa}$$

$$\sigma_D = \frac{M_z}{I_z} \times z_d = \frac{39,56}{5,66 \times 10^7} \times -100,00 = -104,63 \text{ MPa}$$

*Napětí od normálové síly*

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{-0,50}{6144,00} = -0,08 \text{ MPa}$$

*Celkové napětí*

$$\sigma_h = \sigma_H + \sigma = 104,63 - 0,08 = 104,55 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = \sigma_D + \sigma = -104,63 - 0,08 = -104,71 \text{ MPa}$$

*Poměr napětí*

$$\alpha = \frac{104,55}{(104,55 + 104,71)} = 0,50$$

*Poměr  $c/t$ :*

$$\frac{c}{t} = \frac{184,00}{8,00} = 23,00 \leq \frac{36 \times \varepsilon}{\alpha} = \frac{36 \times 0,81}{0,50} = 58,63 \quad \text{Třída 1}$$

**8.5.4. Ohybová únosnost – ruční výpočet**

Ohyb ve směru osy  $z'$

Návrhová únosnost v ohybu

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4,42 \times 10^5 \times 355}{1,00} = 157,13 \text{ kNm}$$

### Podmínka (6.12)

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{39,56}{157,13} = 0,25 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### 8.5.5. Ohybová únosnost – Rfem

#### Posouzení

Moment  
Plastický průřezový modul  
Mez kluzu  
Dílčí součinitel únosnosti  
Únosnost v ohybu  
Posouvající síla  
Účinná smyková plocha  
Únosnost ve smyku  
Krouticí moment  
Plocha jádra  
Tloušťka plechu  
Smykové napětí  
Únosnost ve smyku  
Kritérium  $V_{y,Ed} / V_{pl,y,T,Rd}$   
Posouzení

$M_{z,Ed}$	38.876	kNm
$W_{pl,z}$	442624.0	mm <sup>3</sup>
$f_y$	360.000	MPa
$\gamma_{M0}$	1.000	
$M_{pl,z,Rd}$	159.345	kNm
$V_{y,Ed}$	25.387	kN
$A_{v,y}$	3200.0	mm <sup>2</sup>
$V_{pl,y,Rd}$	665.108	kN
$T_{Ed}$	2.240	kNm
$A_k$	36864.0	mm <sup>2</sup>
$t_{v,y}$	8.0	mm
$\tau_{t,Ed}$	3.798	MPa
$V_{pl,y,T,Rd}$	652.955	kN
$v_{y,T}$	0.039	
$\eta$	0.24	

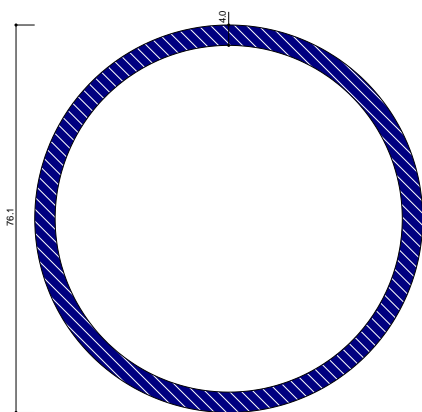
29 | 3.000 | KZ247

0.24 | ≤ 1 | 156) | Posouzení průřezu - ohyb okolo z, smyk a kroucení podle 6.2.5 až 6.2.8

Ruční výpočet se od výpočtu Rfemu neliší, Ačkoliv program provedl posudek na ohyb okolo z, smyk a kroucení, rozhodující je ohyb okolo osy z.

### 8.6. Příčle

#### 8.6.1. Průřezové charakteristiky



Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Vnější průměr	D	76,100	mm
Tloušťka stěny	s	4,000	mm
Plocha průřezu	A	906,000	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	$A_y$	450,100	mm <sup>2</sup>
Plocha jádra	$A_{jád}$	4082,800	mm <sup>2</sup>
Plastická smyková plocha	$A_{pl,y}$	576,800	mm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	$I_y$	590555,000	mm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	$i_y$	25,500	mm
Polární poloměr setrvačnosti	$i_p$	36,100	mm
Objem	V	906035,000	mm <sup>3</sup> /m
Hmotnost průřezu	G	7,100	kg/m
Plocha pláště	$A_{plášť}$	0,239	m <sup>2</sup> /m
Součinitel profilu	$A_m/V$	263,870	1/m
Moment tuhosti v kroucení	$I_t$	1177490,000	mm <sup>4</sup>
Elastický průřezový modul	$W_y$	15520,500	mm <sup>3</sup>
Statický moment	$S_{y,max}$	5203,700	mm <sup>3</sup>
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	20815,000	mm <sup>3</sup>

### 8.6.2. Vnitřní síly

Posudek	Kombinace	Vnitřní síly	Hodnota	Jednotky
Ohyb	7	$M_y$	0,93	kNm

### 8.6.3. Třída průřezu

Poměrné přetvoření

$$\epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Poměr  $d/t$ :

$$d = 76,10 \text{ mm}$$

$$t = 4,00 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{76,10}{4,00} = 19,03 \leq 50 \times \epsilon^2 = 50 \times 0,81^2 = 33,10 \quad \text{Třída 1}$$

### 8.6.4. Ohybová únosnost – ruční výpočet

Ohyb ve směru osy  $y'$

Návrhová únosnost v ohybu

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,08 \times 10^4 \times 355}{1,00} = 6,72 \text{ kNm}$$

Podmínka (6.12)

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{0,93}{6,72} = 0,14 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### 8.6.5. Ohybová únosnost – Rfem

#### Posouzení

Moment  
Plastický průřezový modul  
Mez kluzu  
Dílní součinitel únosnosti  
Únosnost v ohybu  
Složka posouzení  $M_y$   
Posouzení

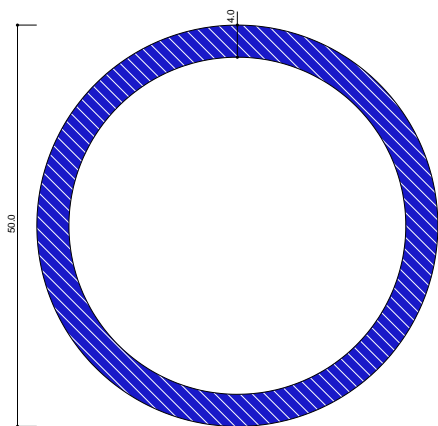
$M_{y,Ed}$	0.851	kNm
$W_{pl,y}$	20815.0	mm <sup>3</sup>
$f_y$	360.000	MPa
$\gamma_{M0}$	1.000	
$M_{pl,y,Rd}$	7.493	kNm
$\eta_{My}$	0.11	
$\eta$	0.12	

32 | 3.000 | KZ7 |

0.12 |  $\leq 1$  | 186) | Posouzení průřezu - ohyb, smyk, kroucení a osová síla podle 6.2.9.1

Program opět provedl posudek na ohyb, smyk a osovou sílu. Rozhodující pro posudek byl ohyb.





### 8.7. Ztužení HP

#### 8.7.1. Průřezové charakteristiky

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Vnější průměr	D	50,000	mm
Tloušťka stěny	s	4,000	mm
Plocha průřezu	A	578,100	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	A <sub>y</sub>	288,000	mm <sup>2</sup>
Plocha jádra	A <sub>jád</sub>	1661,900	mm <sup>2</sup>
Plastická smyková plocha	A <sub>pl,y</sub>	368,000	mm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I <sub>y</sub>	154051,000	mm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	i <sub>y</sub>	16,300	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i <sub>p</sub>	23,100	mm
Objem	V	578053,000	mm <sup>3</sup> /m
Hmotnost průřezu	G	4,500	kg/m
Plocha pláště	A <sub>plášť</sub>	0,157	m <sup>2</sup> /m
Součinitel profilu	A <sub>m</sub> /V	271,739	1/m
Moment tuhosti v kroucení	I <sub>t</sub>	305790,000	mm <sup>4</sup>
Elastický průřezový modul	W <sub>y</sub>	6162,000	mm <sup>3</sup>
Statický moment	S <sub>y,max</sub>	2121,300	mm <sup>3</sup>
Plastický průřezový modul	W <sub>pl,y</sub>	8485,300	mm <sup>3</sup>

#### 8.7.2. Vnitřní síly

Posudek	Kombinace	Vnitřní síly	Hodnota	Jednotky
Vzpěr	66	N	49,85	kN

#### 8.7.3. Třída průřezu

Poměrné přetvoření

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Poměr d/t:

$$d = 50,40 \text{ mm}$$

$$t = 4,00 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{50,40}{4,00} = 12,50 \leq 50 \times \varepsilon^2 = 50 \times 0,81^2 = 33,10 \quad \text{Třída 1}$$

#### 8.7.4. Vzpěrná únosnost – ruční výpočet

Vybočení ve směru osy y'

Vzpěrná délka

$$L_{CR,y} = 2161,00 \text{ mm}$$



$$L_{CR} = 2161,00 \text{ mm}$$

*Kritická síla*

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 1,54 \times 10^5}{2161,00^2} = 68,37 \text{ kN}$$

*Poměrná štíhlost*

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{578,10 \times 355}{68,37 \times 10^3}} = 1,73$$

*Křivka vzpěrné pevnosti*  $a$

*Součinitel imperfekce*

$$\alpha = 0,21$$

*Hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti*

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \times \left[ 1 + \alpha \times (\bar{\lambda}_y - 0,20) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = \\ &= 0,5 \times \left[ 1 + 0,21 \times (1,73 - 0,20) + 1,73^2 \right] = 2,16 \end{aligned}$$

*Součinitel vzpěrnosti*

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{2,16 + \sqrt{2,16^2 - 1,73^2}} = 0,29$$

*Návrhová vzpěrná únosnost tlačенého prutu*

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,29 \times 578,10 \times 355}{1,10} = 54,10 \text{ kN}$$

Podmínka (6.47)

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{49,85}{54,10} = 0,92 \leq 1,00 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

### **8.7.5. Vzpěrná únosnost – Rfem**

#### **Posouzení**

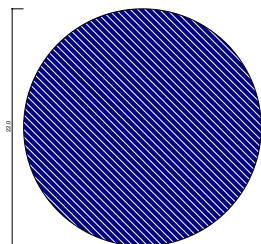
Modul pružnosti  
Moment setrvačnosti  
Vzpěrná délka prutu  
Pružná kritická síla  
Plocha průřezu  
Mez kluzu  
Poměrná štíhlost  
Křivka vzpěrné pevnosti  
Součinitel imperfekce  
Pomocný součinitel  
Součinitel vzpěrnosti  
Osová síla (tlak)

E	210000.000	MPa
I <sub>y</sub>	154051.0	mm <sup>4</sup>
L <sub>cr,y</sub>	2.161	m
N <sub>cr,y</sub>	68.352	kN
A	578.1	mm <sup>2</sup>
f <sub>y</sub>	360.000	MPa
λ <sub>y</sub>	1.745	
KVP <sub>y</sub>	a	
α <sub>y</sub>	0.210	
Φ <sub>y</sub>	2.184	
χ <sub>y</sub>	0.286	
N <sub>Ed</sub>	52.492	kN

42 | 4.323 | KZ66 |

0.91 | ≤ 1 | 354) | Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 1

Posudek provedený Rfemem na ohyb a tlak se shoduje s ručním výpočtem. Momenty v obou směrech jsou zanedbatelné, tudíž rozhoduje vzpěrná únosnost.



## 8.8. Závěs

### 8.8.1. Průřezové charakteristiky

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Průměr	d	22,000	mm
Plocha průřezu	A	380,000	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha	A <sub>v</sub>	319,200	mm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I <sub>y</sub>	11499,000	mm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	i <sub>y</sub>	5,500	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i <sub>p</sub>	7,800	mm
Objem	V	380000,000	mm <sup>3</sup> /m
Hmotnost průřezu	G	3,000	kg/m
Plocha pláště	A <sub>plášť</sub>	0,069	m <sup>2</sup> /m
Součinitel profilu	A <sub>m</sub> /V	181,882	1/m
Moment tuhosti v kroucení	I <sub>t</sub>	22998,000	mm <sup>4</sup>
Elastický průřezový modul	W <sub>y</sub>	1045,400	mm <sup>3</sup>
Plastický průřezový modul	W <sub>pl,y</sub>	1774,700	mm <sup>3</sup>

### 8.8.2. Vnitřní síly

Posudek	Kombinace	Vnitřní síly	Hodnota	Jednotky
Tah	285	N	62,37	kN

### 8.8.3. Tah – ruční výpočet

Návrhová plastická únosnost

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{380 \times 355}{1,00} = 134,90 \text{ kN}$$

Podmínka (6.6)

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{63,37}{134,90} = 0,46 \leq 1,00 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

### 8.8.4. Tah – Rfem

#### Posouzení

Tahová síla  
Plocha průřezu  
Mez kluzu  
Dílčí součinitel únosnosti  
Návrhová plastická únosnost  
Plocha oslabeného průřezu  
Mezní pevnost  
Dílčí součinitel únosnosti  
Návrhová únosnost v tahu  
Únosnost při působení osově síly  
Posouzení

100 | 3.398 | KZ285 |

N <sub>t,Ed</sub>	62.383	kN
A	380.0	mm <sup>2</sup>
f <sub>y</sub>	360.000	MPa
γ <sub>M0</sub>	1.000	
N <sub>pl,Rd</sub>	136.800	kN
A <sub>net</sub>	380.0	mm <sup>2</sup>
f <sub>u</sub>	490.000	MPa
γ <sub>M2</sub>	1.250	
N <sub>u,Rd</sub>	134.064	kN
N <sub>t,Rd</sub>	134.064	kN
η	0.47	

0.47 | ≤ 1 | 101) | Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3

## 8.9. Mostovka

Pro posouzení mostovky, která se skládá z ŽB desky o průměrné tloušťce 140 mm a trapézového plechu TR 84/273 z oceli S320 GD byl vytvořen model ve výpočetním programu Rfem. Zatížení pro provozní stav bylo převzato z původního modelu a celé jej přebírá ŽB deska. Zatížení pro montážní stav přebírá trapézový plech.

### 8.9.1. Trapézový plech TR 84/273

Tloušťka plechu

$t_l = 1,00 \text{ mm}$

Šířka plechu

$b = 1000,00 \text{ mm}$

#### 8.9.1.1. Zatížení

Zatížení	A [mm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	q [kN/m <sup>2</sup> ]
Stálé			
vlastní tíha plechu	1275	78,50	0,10
beton	98665	26,00	2,57
Proměnné			
montážní			1,00

#### 8.9.1.2. Vnitřní síly

Posudek	Vnitřní síly	Hodnota	Jednotky
Ohyb	$M_y$	5,47	kNm

#### 8.9.1.3. Ohyb

*Efektivní průřezový modul*

$$W_{\text{eff},y} = 25500 \text{ mm}^3$$

*Únosnost v ohybu*

$$M_{\text{Rd}} = \frac{W_{\text{eff},y} \times f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = \frac{25500 \times 320}{1,00} = 8,16 \text{ kNm}$$

*Podmínka (6.12)*

$$\frac{M_{\text{Ed}}}{M_{\text{Rd}}} = \frac{5,47}{8,16} = 0,67 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

#### 8.9.1.4. Průhyb

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{q \times L^4}{E \times I_{\text{eff}}} = \frac{5}{384} \frac{3,67 \times 3000^4}{210000 \times 1,36 \times 10^6} = 13,6 \text{ mm}$$

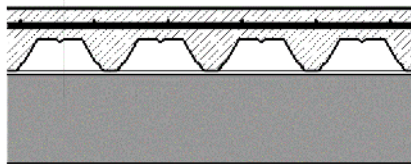
*Limitní průhyb*

$$\delta_{\text{lim}} = \frac{L}{200} = \frac{3000}{200} = 15,00 \text{ mm}$$

*Posudek*

$$\frac{\delta_{\text{max}}}{\delta_{\text{lim}}} = \frac{13,10}{15,00} = 0,87 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

hydroizolační systém  
ŽB deska  
trapezový plech TR 84/273  
příčník



### 8.9.2. ŽB deska

Beton C25/30

$$f_{ck} = 25,00 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25,00}{1,50} = 16,67 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,60 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 0,0035$$

Betonářská výztuž B500

$$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,00}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200000,00 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200000,00} = 0,00217$$

Návrh podélné výztuže

$$M_{ed} = 16,88 \text{ kNm}$$

*Krytí*

$$c = 30,00 \text{ mm}$$

*Odhad profilu podélné výztuže*

$$\phi = 10,00 \text{ mm}$$

*Tloušťka desky*

$$h = 140,00 \text{ mm}$$

*Poloha těžiště výztuže*

$$d_1 = c + \phi / 2 = 30,00 + 10,00 / 2 = 35,00 \text{ mm}$$

*Účinná výška*

$$d = h - d_1 = 140,00 - 35,00 = 105,00 \text{ mm}$$

*Nutná plocha výztuže*

$$\begin{aligned} A_{s,req} &= b \times d \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_{ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}}} \right) = \\ &= 1000,00 \times 105,00 \times \frac{16,67}{434,78} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,88}{1000,00 \times 105,00^2 \times 16,67}} \right) = \\ &= 388,50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Návrh  $\phi 10,00 / 150,00 \text{ mm}$

*Plocha výztuže*

$$A_s = 523,60 \text{ mm}^2$$

*Poloha neutrálné osy*

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{b \times \lambda \times f_{cd}} = \frac{523,60 \times 434,78}{1000,00 \times 0,80 \times 16,67} = 17,07 \text{ mm}$$

*Přetvoření*

$$\epsilon_s = \frac{\epsilon_{cu3}}{x} (d - x) = \frac{0,0035}{17,07} (105,00 - 17,07) = 0,0180$$

Podmínka

$$\epsilon_{sv} = 0,0180 \geq \epsilon_{yd} = 0,0022 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost průřezu

*Rameno vnitřních sil*

$$z_c = d - 0,5 \times \lambda \times x = 105,00 - 0,5 \times 0,8 \times 17,07 = 98,17 \text{ mm}$$

*Moment na mezi únosnosti*

$$M_{Rd} = A_s \times f_{yd} \times z_c = 523,60 \times 434,78 \times 98,17 = 22,35 \text{ kNm}$$

Podmínka

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{16,88}{22,35} = 0,76 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola míry vyztužení

*Minimální míra vyztužení*

$$\begin{aligned} A_{s,min} &= \max\left(0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b_s \times d; 0,0013 \times b_s \times d\right) = \\ &= \max\left(0,26 \times \frac{2,60}{500,00} \times 1000,00 \times 105,00; 0,0013 \times 1000,00 \times 105,00\right) = \\ &= \max(141,96; 136,50) = 141,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

*Maximální míra vyztužení*

$$A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 140000,00 = 5600,00 \text{ mm}^2$$

Podmínka

$$A_s = 523,60 \text{ mm}^2 \geq A_{s,min} = 141,96 \text{ mm}^2 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$A_s = 523,60 \text{ mm}^2 \leq A_{s,max} = 5600,00 \text{ mm}^2 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola vzdálenosti výztuže

*Maximální osová vzdálenost výztuže*

$$\begin{aligned} s_{max} &= \min(2h; 300,00) = \min(2 \times 140,00; 300,00) = \\ &= \min(280,00; 300,00) = 280,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

*Osová vzdálenost výztuže*

$$s = 150,00 \text{ mm}$$

Podmínka

$$s = 150,00 \text{ mm} \leq s_{max} = 280,00 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Návrh rozdělovací výztuže

#### *Minimální míra vyztužení*

$$A_{s,min} = 0,2 \times A_s = 0,2 \times 523,60 = 104,72 \text{ mm}^2$$

Návrh  $\phi 6,00 / 200,00 \text{ mm}$

#### *Plocha výztuže*

$$A_s = 141,37 \text{ mm}^2$$

#### Podmínka

$$A_s = 141,37 \text{ mm}^2 \geq A_{s,min} = 104,72 \text{ mm}^2 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Kontrola vzdálenosti výztuže

#### *Maximální osová vzdálenost výztuže*

$$s_{max} = \min(3h; 400,00) = \min(3 \times 140,00; 400,00) = \\ = \min(420,00; 400,00) = 400,00 \text{ mm}$$

#### *Osová vzdálenost výztuže*

$$s = 200,00 \text{ mm}$$

#### Podmínka

$$s = 200,00 \text{ mm} \leq s_{max} = 420,00 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## **9. Posouzení na 2. MS**

### **9.1. Průhyby ve svislém a vodorovném směru**

Hodnoty deformací ve svislém i vodorovném směru byly stanoveny výpočetním programem Rfem.

#### **9.1.1. Hlavní nosník mostovky**

##### Vodorovná deformace

##### *Limitní průhyb hlavního nosníku mostovky*

$$\delta_{lim} = \frac{L}{500} = \frac{35000}{500} = 70,00 \text{ mm}$$

##### *Existující průhyb hlavního nosníku mostovky*

$$\delta_{max} = 10,70 \text{ mm}$$

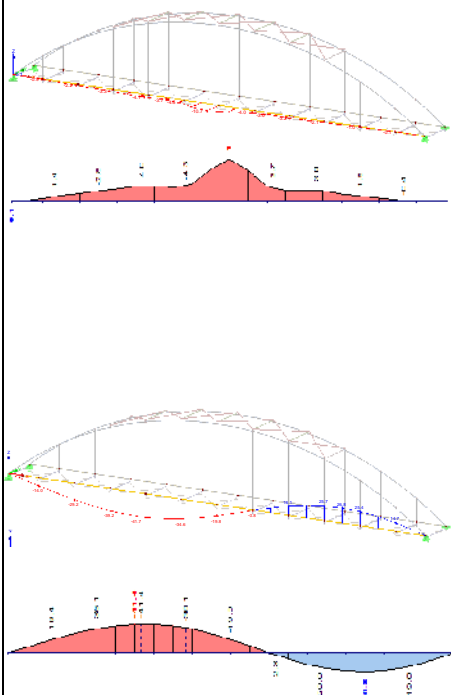
##### *Posudek*

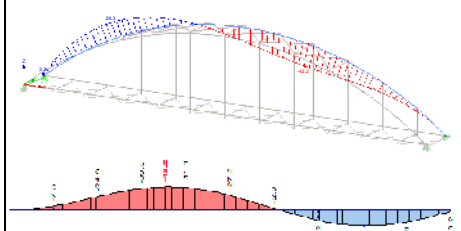
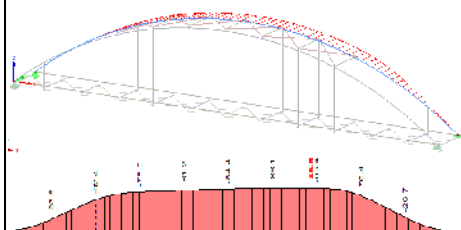
$$\frac{\delta_{max}}{\delta_{lim}} = \frac{10,70}{70,00} = 0,15 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

##### Svislá deformace

##### *Limitní průhyb hlavního nosníku mostovky*

$$\delta_{lim} = \frac{L}{500} = \frac{35000}{500} = 70,00 \text{ mm}$$





*Existující průhyb hlavního nosníku mostovky*

$$\delta_{\max} = 41,70 \text{ mm}$$

Posudek

$$\frac{\delta_{\max}}{\delta_{\lim}} = \frac{41,70}{70,00} = 0,60 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### 9.1.2. Hlavní nosník oblouku

Vybočení z roviny oblouku

*Limitní průhyb obloukového nosníku*

$$\delta_{\lim} = \frac{L}{400} = \frac{35000}{500} = 87,50 \text{ mm}$$

*Existující průhyb obloukového nosníku*

$$\delta_{\max} = 86,50 \text{ mm}$$

Posudek

$$\frac{\delta_{\max}}{\delta_{\lim}} = \frac{86,50}{87,50} = 0,99 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Vybočení v rovině oblouku

*Limitní průhyb obloukového nosníku*

$$l_1 = \sqrt{20 \times l} = \sqrt{20000 \times 35000} = 26458,00 \text{ mm}$$

$$\delta_{\lim} = \frac{l_1}{400} = \frac{26458}{400} = 132,20 \text{ mm}$$

*Existující průhyb obloukového nosníku*

$$\delta_{\max} = 42,20 \text{ mm}$$

Posudek

$$\frac{\delta_{\max}}{\delta_{\lim}} = \frac{42,20}{132,00} = 0,32 \leq 1,00 \quad \text{VYHOVUJE}$$

## 9.2. Dynamická odezva konstrukce

### 9.2.1. Vlastní frekvence lávky

Pro svislý i vodorovný směr byl zjištěno prvních pět vlastních čísel, frekvencí a period.

#### 9.2.1.1. Svislé kmitání

VI. tvar č.	Vlastní číslo $\lambda$ [1/s <sup>2</sup> ]	Kruhová frekvence $\omega$ [rad/s]	Vlastní frekvence $f$ [Hz]	Vlastní perioda $T$ [s]
1	821,83	28,67	4,56	0,22
2	2037,58	45,14	7,18	0,14
3	2435,79	49,35	7,85	0,13
4	3069,38	55,40	8,82	0,11
5	7937,50	89,09	14,18	0,07



Vlastní frekvence prvního vlastního tvaru ve svislém směru je  $f = 4,56 \text{ Hz}$ .

#### 9.2.1.2. Vodorovné kmitání

VI. tvar č.	Vlastní číslo $\lambda [1/s^2]$	Kruhová frekvence $\omega [\text{rad/s}]$	Vlastní frekvence $f [\text{Hz}]$	Vlastní perioda $T [\text{s}]$
1	147,31	12,14	1,93	0,52
2	883,17	29,72	4,73	0,21
3	2352,37	48,50	7,72	0,13
4	5575,07	74,67	11,88	0,08
5	7095,78	84,24	13,41	0,07

Vlastní frekvence prvního vlastního tvaru ve vodorovném směru je  $f = 1,93 \text{ Hz}$ .

Dle článku 5.7 Dynamické modely zatížení chodci, odstavec (2), normálně se pohybující chodci budí na lávce periodické současně působící síly:

- ve svislém směru s frekvencí v rozmezí 1 Hz až 3 Hz;
- ve vodorovném směru s frekvencí v rozmezí 0,5 Hz až 1,5 Hz.

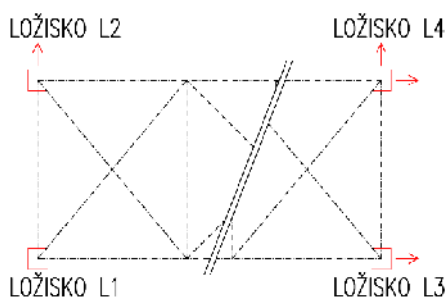
Konstrukce vyhovuje.

Dle NA 2.49 Článku 5.7 Dynamické modely zatížení chodci, odstavec (3), jsou limity vlastních frekvencí:

- ve svislém směru s frekvencí v rozmezí 1,0 Hz až 5,0 Hz;
- ve vodorovném směru s frekvencí v rozmezí 0,5 Hz až 2,5 Hz.

Výsledné hodnoty vlastních frekvencí sice nespádají do intervalu povolených frekvencí, ale jsou jim velmi blízké. Je tedy nutné provést podrobnou analýzu dynamického chování lávky. Analýza musí obsahovat výpočet vlastních frekvencí a tvarů kmitání lávky na vhodném výpočtovém modelu, odhad tlumení konstrukce, výpočet vynuceného kmitání lávky od skupiny chodců, proudu chodců, případně skupiny vandalů. Doporučuje se konzultace se specialisty.

Podrobná dynamická analýza není součástí této diplomové práce.



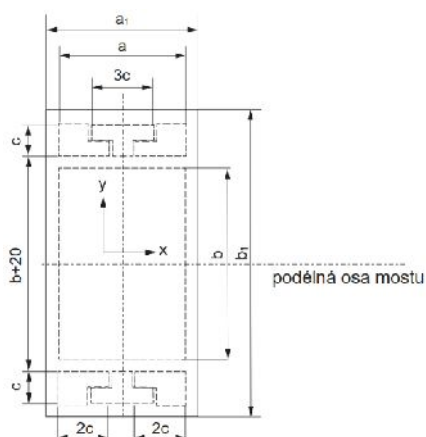
## 10. Návrh ložisek

### 10.1. Ložisko L1

Jedná se o elastomerové, pevné ložisko v příčném i podélném směru – AEL-F

#### 10.1.1. Posun a pootočení v ložisku

Uzel č.		Posuny [mm]			Pootočení [rad]		
		$u_x$	$u_y$	$u_z$	$\varphi_x$	$\varphi_y$	$\varphi_z$
37	Max	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
	Min	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000



### 10.1.2. Reakce v ložisku

Uzel č.		Podporové síly [kN]			Kombinace
		$P_{x'}$	$P_{y'}$	$P_{z'}$	
37	Max	<b>428,08</b>	<b>176,62</b>	<b>-83,96</b>	
	Min	<b>-189,68</b>	<b>-68,94</b>	<b>-350,37</b>	
	Max $P_{x'}$	428,08	175,14	-251,65	KZ 61
	Min $P_{x'}$	-189,68	-68,93	-288,63	KZ 194
	Max $P_{y'}$	384,46	176,62	-256,66	KZ 54
	Min $P_{y'}$	-154,18	-68,94	-291,35	KZ 285
	Max $P_{z'}$	0,06	0,01	-83,96	KZ 1
	Min $P_{z'}$	26,76	26,13	-350,37	KZ 244

### 10.1.3. Posudek na horizontální sílu

*Horizontální reakce*

$$P_x = 428,08 \text{ kN}$$

*Přípustné horizontální zatížení*

$$H_{\max} = 454,00 \text{ kN}$$

*Posudek*

$$\frac{P_x}{H_{\max}} = \frac{428,08}{454,00} = 0,94 \leq 1,00 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

### 10.1.4. Posudek na středový tlak

*Tlakové namáhání*

$$\sigma_M = \frac{P_z}{A} = \frac{350,37 \times 10^3}{500 \times 600} = 1,17 \text{ MPa}$$

*Přípustný tlak*

$$\sigma_{\max} = 15,00 \text{ MPa}$$

*Posudek*

$$\frac{\sigma_M}{\sigma_{\max}} = \frac{1,17}{15,00} = 0,08 \leq 1,00 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

### 10.1.5. Posudek na pootočení

	pootočení v uzlu [rad]		posudek
	v uzlu	přípustné	
$\varphi_x$	0,0000	0,0160	<b>vyhovuje</b>
$\varphi_y$	0,0000	0,0180	<b>vyhovuje</b>
$\varphi_z$	0,0000	0,0180	<b>vyhovuje</b>

### 10.1.6. Posudek na posunutí

	posunutí [mm]		posudek
	v uzlu	přípustné	
$v$	0,0000	65,1000	<b>vyhovuje</b>

## 10.2. Ložisko L2

Jedná se o elastomerové, pevné ložisko v podélném směru – AEL-A

### 10.2.1. Posun a pootočení v ložisku

Uzel č.		Posuny [mm]			Pootočení [rad]		
		$u_x$	$u_y$	$u_z$	$\varphi_x$	$\varphi_y$	$\varphi_z$
4	Max	0,0	0,9	0,0	0,0011	0,0000	0,0005
	Min	0,0	-0,1	0,0	-0,0041	0,0000	-0,0132

### 10.2.2. Reakce v ložisku

Uzel č.		Podporové síly [kN]			Kombinace
		$P_{x'}$	$P_{y'}$	$P_{z'}$	
4	Max	<b>225,11</b>	<b>0,00</b>	<b>14,81</b>	
	Min	<b>-421,30</b>	<b>0,00</b>	<b>-327,55</b>	
	Max $P_{x'}$	225,11	0,00	-327,55	KZ 285
	Min $P_{x'}$	-421,30	0,00	-60,41	KZ 123
	Max $P_{y'}$	-0,06	0,00	-83,21	KZ 1
	Min $P_{y'}$	-0,06	0,00	-83,21	KZ 1
	Max $P_{z'}$	-348,68	0,00	14,81	KZ 190
	Min $P_{z'}$	225,11	0,00	-327,55	KZ 285

### 10.2.3. Posudek na horizontální sílu

Horizontální reakce

$$P_x = 421,30 \text{ kN}$$

Přípustné horizontální zatížení

$$H_{\max} = 454,00 \text{ kN}$$

Posudek

$$\frac{P_x}{H_{\max}} = \frac{421,30}{454,00} = 0,93 \leq 1,00 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

### 10.2.4. Posudek na středový tlak

Tlakové namáhání

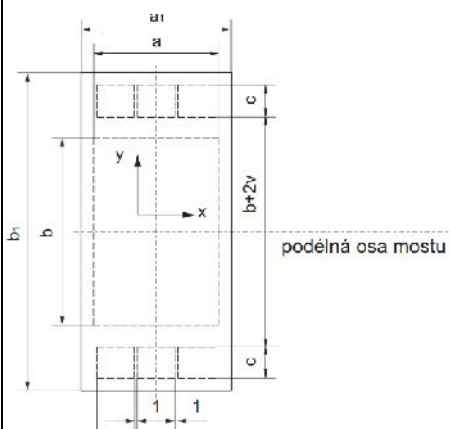
$$\sigma_M = \frac{P_z}{A} = \frac{327,55 \times 10^3}{500 \times 600} = 1,09 \text{ MPa}$$

Přípustný tlak

$$\sigma_{\max} = 15,00 \text{ MPa}$$

Posudek

$$\frac{\sigma_M}{\sigma_{\max}} = \frac{1,09}{15,00} = 0,07 \leq 1,00 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$



### 10.2.5. Posudek na pootočení

	pootočení v uzlu [rad]		posudek
	v uzlu	přípustné	
$\varphi_x$	0,0041	0,0160	vyhovuje
$\varphi_y$	0,0000	0,0180	vyhovuje
$\varphi_z$	0,0132	0,0180	vyhovuje

### 10.2.6. Posudek na posunutí

	posunutí [mm]		posudek
	v uzlu	přípustné	
v	0,9000	65,1000	vyhovuje

## 10.3. Ložisko L3

Jedná se o elastomerové, pevné ložisko v příčném směru – AEL-B

### 10.3.1. Posun a pootočení v ložisku

Uzel č.		Posuny [mm]			Pootočení [rad]		
		$u_x$	$u_y$	$u_z$	$\varphi_x$	$\varphi_y$	$\varphi_z$
25	Max	-1,5	0,0	0,0	0,0000	0,0064	0,0149
	Min	-7,4	0,0	0,0	0,0000	-0,0072	-0,0016

### 10.3.2. Reakce v ložisku

Uzel č.		Podporové síly [kN]			Kombinace
		$P_{x'}$	$P_{y'}$	$P_{z'}$	
25	Max	0,00	103,66	-81,71	
	Min	0,00	-36,08	-349,43	
	Max $P_{x'}$	0,00	-0,01	-84,02	KZ 1
	Min $P_{x'}$	0,00	-0,01	-84,02	KZ 1
	Max $P_{y'}$	0,00	103,66	-192,29	KZ 34
	Min $P_{y'}$	0,00	-36,08	-293,03	KZ 399
	Max $P_{z'}$	0,00	0,01	-81,71	KZ 175
	Min $P_{z'}$	0,00	17,80	-349,43	KZ 307

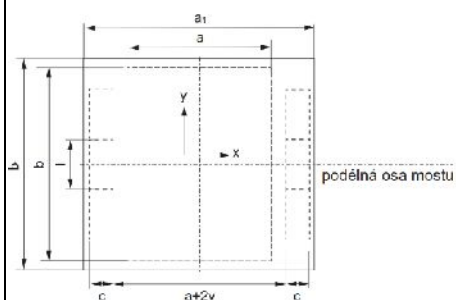
### 10.3.3. Posudek na horizontální sílu

Horizontální reakce

$$P_y = 103,66 \text{ kN}$$

Přípustné horizontální zatížení

$$H_{\max} = 182,00 \text{ kN}$$



Posudek

$$\frac{P_y}{H_{\max}} = \frac{103,66}{182,00} = 0,57 \leq 1,00 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

**10.3.4. Posudek na středový tlak**

*Tlakové namáhání*

$$\sigma_M = \frac{P_z}{A} = \frac{349,43 \times 10^3}{200 \times 300} = 5,82 \text{ MPa}$$

*Přípustný tlak*

$$\sigma_{\max} = 12,50 \text{ MPa}$$

Posudek

$$\frac{\sigma_M}{\sigma_{\max}} = \frac{5,82}{12,50} = 0,47 \leq 1,00 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

**10.3.5. Posudek na pootočení**

pootočení v uzlu [rad]			posudek
	v uzlu	přípustné	
$\varphi_x$	0,0000	0,0210	vyhovuje
$\varphi_y$	0,0072	0,0280	vyhovuje
$\varphi_z$	0,0149	0,0280	vyhovuje

**10.3.6. Posudek na posunutí**

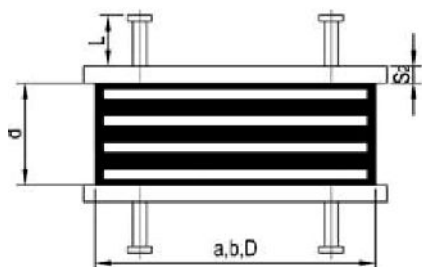
posunutí [mm]			posudek
	v uzlu	přípustné	
v	7,4000	36,3000	vyhovuje

**10.4. Ložisko L4**

Jedná se o elastomerové ložisko volné v podélném i příčném směru.

**10.4.1. Posun a pootočení v ložisku**

Uzel č.		Posuny [mm]			Pootočení [rad]		
		$u_x$	$u_y$	$u_z$	$\varphi_x$	$\varphi_y$	$\varphi_z$
1	Max	0,0	0,9	0,0	0,0011	0,0063	0,0134
	Min	-7,8	-0,1	0,0	-0,0048	-0,0076	-0,0012



#### 10.4.2. Reakce v ložisku

Uzel č.		Podporové síly [kN]			Kombinace
		$P_{x'}$	$P_{y'}$	$P_{z'}$	
1	Max	0,00	0,00	6,05	
	Min	0,00	0,00	-328,39	
	Max $P_{x'}$	0,00	0,00	-83,25	KZ 1
	Min $P_{x'}$	0,00	0,00	-83,25	KZ 1
	Max $P_{y'}$	0,00	0,00	-83,25	KZ 1
	Min $P_{y'}$	0,00	0,00	-83,25	KZ 1
	Max $P_{z'}$	0,00	0,00	6,05	KZ 174
	Min $P_{z'}$	0,00	0,00	-328,39	KZ 398

#### 10.4.3. Posudek na středový tlak

*Tlakové namáhání*

$$\sigma_M = \frac{P_z}{A} = \frac{328,39 \times 10^3}{200 \times 300} = 5,47 \text{ MPa}$$

*Připustný tlak*

$$\sigma_{\max} = 12,50 \text{ MPa}$$

Posudek

$$\frac{\sigma_M}{\sigma_{\max}} = \frac{5,47}{12,50} = 0,44 \leq 1,00 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

#### 10.4.4. Posudek na pootočení

	pootočení v uzlu [rad]		posudek
	v uzlu	připustné	
$\varphi_x$	0,0048	0,0210	vyhovuje
$\varphi_y$	0,0076	0,0280	vyhovuje
$\varphi_z$	0,0134	0,0280	vyhovuje

#### 10.4.5. Posudek na pootočení

	posunutí [mm]		posudek
	v uzlu	připustné	
$v$	7,8000	36,3000	vyhovuje

## 11. Spoje

Všechny spoje byly posouzeny ručně na základě výstupních hodnot vnitřních sil, získaných z programu RFEM.

### 11.1. Připojení podmost. ztužení k hlav. nos. mostovky

#### 11.1.1. Vnitřní síly

Posudek	Kombinace	Vnitřní síly	Hodnota	Jednotky
Osová síla	203	N	109,28	kN

#### 11.1.2. Styčnickový plech

*Plech P10 – S355*

$$f_y = 355,00 \text{ MPa}$$

$$f_u = 490,00 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0,90$$

$$t_1 = 10,00 \text{ mm}$$

#### 11.1.3. Posouzení svaru

*Síla působící na jeden svar*

$$N_{a,Ed} = 0,5 \times N_{Ed} = 0,5 \times 109,28 = 54,64 \text{ kN}$$

*Tloušťka trubky*

$$t_2 = 5,00 \text{ mm}$$

*Tloušťka svaru*

$$t_{\max} = \max(t_1, t_2) = \max(10,00; 5,00) = 10,00 \text{ mm}$$

$$\rightarrow a = 3,00 \text{ mm}$$

*Délka svaru*

$$L = 50,00 \text{ mm}$$

*Ekvivalentní síla*

$$F = \frac{N_{a,Ed}}{2} = \frac{54,64}{2} = 27,32 \text{ kN}$$

*Smykové napětí v rovině nebezpečného průřezu, rovnoběžné s osou tvaru*

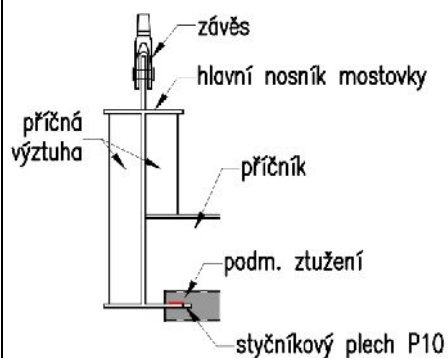
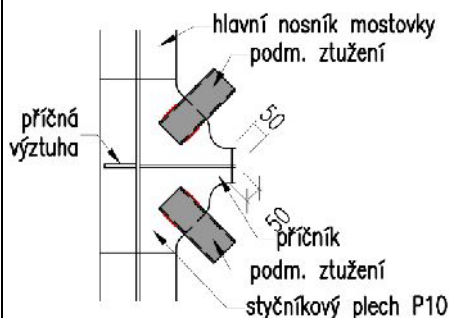
$$\tau_{\parallel} = \frac{F}{a \times L} = \frac{27,32 \times 10^3}{3 \times 50} = 182,13 \text{ MPa}$$

*Normálové napětí kolmé k rovině nebezpečného průřezu*

$$\sigma_{\perp} = 0,00 \text{ MPa}$$

*Smykové napětí v rovině nebezpečného průřezu, kolmé na osu tvaru*

$$\tau_{\perp} = 0,00 \text{ MPa}$$



Podmínka (7.1)

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0,00^2 + 3 \times (0,00^2 + 182,13^2)} \leq \frac{490}{0,9 \times 1,25}$$

$$315,46 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## 11.2. Připojení závěsu k hlav. nos. mostovky

### 11.2.1. Vnitřní síly

Posudek	Kombinace	Vnitřní síly	Hodnota	Jednotky
Osová síla	285	N	62,37	kN

### 11.2.2. Styčnickový plech

Plech P10 – S355

$$f_y = 355,00 \text{ MPa}$$

$$f_u = 490,00 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0,90$$

$$t_1 = 10,00 \text{ mm}$$

### 11.2.3. Posouzení svaru

*Síla působící na svar*

$$N_{a,Ed} = 62,37 \text{ kN}$$

*Tloušťka pásnice*

$$t_2 = 10,00 \text{ mm}$$

*Tloušťka svaru*

$$t_{\max} = \max(t_1, t_2) = \max(10,00; 10,00) = 10,00 \text{ mm}$$

$$\rightarrow a = 3,00 \text{ mm}$$

*Délka svaru*

$$L = 180,00 \text{ mm}$$

*Ekvivalentní síla*

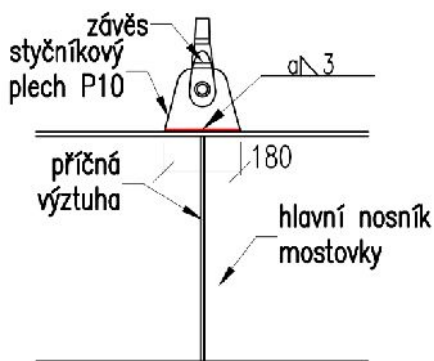
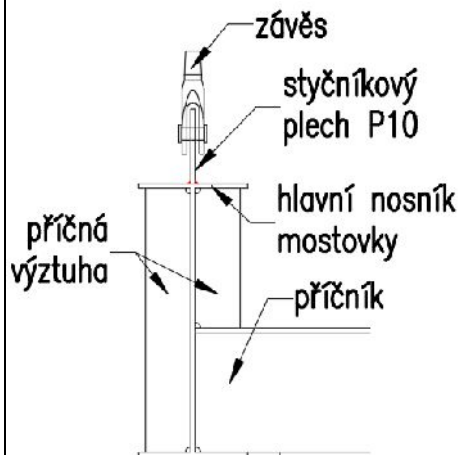
$$F = N_{a,Ed} = 62,37 \text{ kN}$$

*Smykové napětí v rovině nebezpečného průřezu, rovnoběžné s osou tvaru*

$$\tau_{\parallel} = 0,00 \text{ MPa}$$

*Normálové napětí kolmé k rovině nebezpečného průřezu*

$$\sigma_{\perp} = \frac{F}{\sqrt{2} \times a \times L} = \frac{62,37 \times 10^3}{\sqrt{2} \times 3 \times 180} = 81,68 \text{ MPa}$$





Smykové napětí v rovině nebezpečného průřezu, kolmé na osu tvaru

$$\tau_{\perp} = \frac{F}{\sqrt{2} \times a \times L} = \frac{62,37 \times 10^3}{\sqrt{2} \times 3 \times 180} = 81,68 \text{ MPa}$$

Podmínka (7.1)

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{81,62^2 + 3 \times (81,62^2 + 0,00^2)} \leq \frac{490}{0,9 \times 1,25}$$

$$163,35 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka (7.2)

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$81,62 \leq \frac{490}{1,25}$$

$$81,62 \text{ MPa} \leq 392,00 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### 11.2.4. Posouzení čepu

Čep PA24 5.6

$$f_{yb} = 460,00 \text{ MPa}$$

$$f_{ub} = 610,00 \text{ MPa}$$

$$d = 24,00 \text{ mm}$$

$$d_0 = 26,00 \text{ mm}$$

$$t_1 = 10,00 \text{ mm}$$

$$A = 353,00 \text{ mm}^2$$

Rozteče šroubů

	min [mm]	dop [mm]	zvolené [mm]
e1	31,20	52,00	50,00
e2	31,20	39,00	100,00

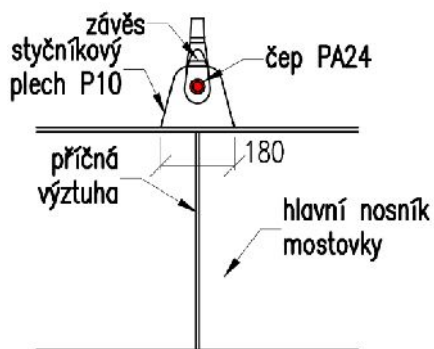
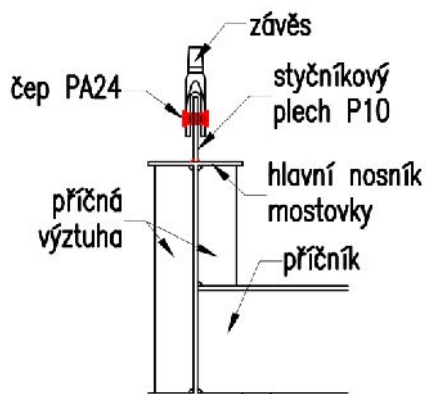
#### 11.2.4.1. Posouzení na stříh

Počet stříhových ploch

$$n = 2$$

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd,1} = n \times \frac{0,6 \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 2 \times \frac{0,6 \times 452,39 \times 610,00}{1,25} = 264,92 \text{ kN}$$



### Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{62,37}{264,92} \leq 1,0$$

$$0,24 \leq 1,0 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

### **11.2.4.2. Posouzení na otlačení**

*Tloušťka koncovky*

$$t_2 = 9,50 \text{ mm}$$

*Nejmenší tloušťka spojovaných prvků*

$$t = \min(t_1; t_2) = \min(10,00; 9,50) = 9,50 \text{ mm}$$

*Součinitel  $k_1$*

$$k_1 = \min\left(2,8 \times \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \left(2,8 \times \frac{100,00}{26,00} - 1,7; 2,5\right) = (9,07; 2,5) = 2,5$$

*Součinitel  $\alpha$*

$$\alpha = \min\left(\frac{\frac{e_1}{3 \times d_0}}{\frac{f_{ub}}{f_u}}, \frac{\frac{50,00}{3 \times 26,00}}{\frac{500}{490}}, \frac{0,64}{1}\right) = \left(\frac{0,64}{1}, \frac{1,02}{1}, 0,64\right) = 0,64$$

*Únosnost šroubu v otlačení*

$$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \times 0,64 \times 26,00 \times 9,50 \times 490}{1,25} = 143,23 \text{ kN}$$

### Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{62,37}{143,23} \leq 1,0$$

$$0,44 \leq 1,0 \quad \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

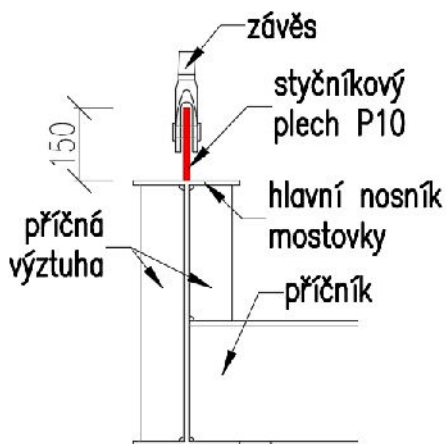
### **11.2.5. Posouzení plechu**

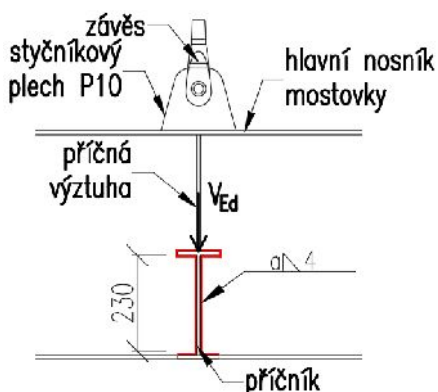
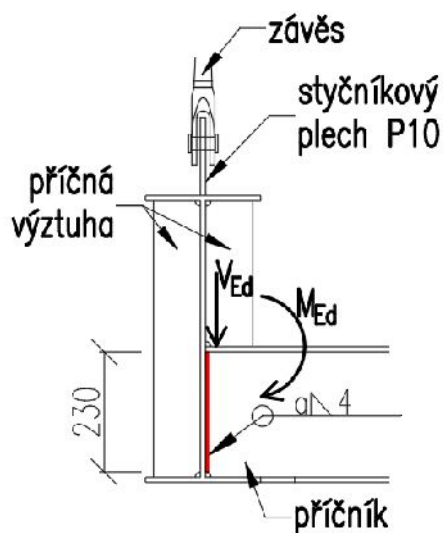
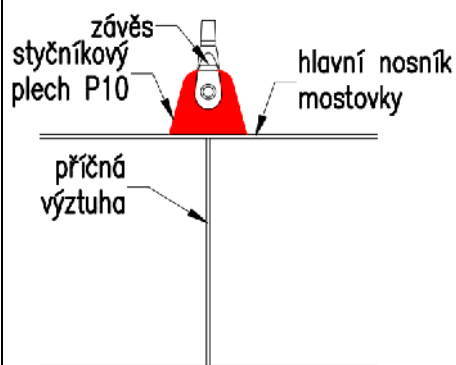
*Délka plechu*

$$b = 150,00 \text{ mm}$$

*Plocha průřezu*

$$A = b \times t_1 = 150,00 \times 10,00 = 15000,00 \text{ mm}^2$$





Únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1500,00 \times 355,00}{1,00} = 532,50 \text{ kN}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{62,37}{532,50} \leq 1,0$$

$$0,12 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### 11.3. Připojení příčníku k hlav. nos. mostovky

#### 11.3.1. Vnitřní síly

Posudek	Kombinace	Vnitřní síly	Hodnota	Jednotky
Smyk	201	V	47,57	kN
Ohyb		M	16,47	kNm

#### 11.3.2. Posouzení svaru

Působení posouvající síly

Smyková síla

$$V_{Ed} = 47,57 \text{ kN}$$

Tloušťka svaru

$$a = 4,00 \text{ mm}$$

Délka svaru

$$L = 230,00 \text{ mm}$$

Počet svarů ve směru rovnoběžném s posouvající silou

$$n = 2$$

Smykové napětí v rovině nebezpečného průřezu, rovnoběžné s osou tvaru

$$\tau_{||} = \frac{V_{Ed}}{a \times L \times n} = \frac{47,57 \times 10^3}{4,00 \times 230,00 \times 2} = 25,85 \text{ MPa}$$

Působení ohybového momentu

Ohybový moment

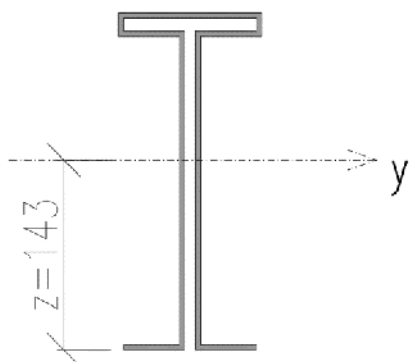
$$M_{Ed} = 16,47 \text{ kNm}$$

Moment setrvačnosti obrazce svarů (stanoven v sw AutoCAD)

$$I_y = 2,62 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

Vzdálenost těžiště

$$z = 143,00 \text{ mm}$$



Průřezový modul obrazce svarů

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{2,62 \times 10^7}{143,00} = 1,83 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

Napětí od ohybového momentu

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{W_y} = \frac{16,47 \times 10^3}{1,83 \times 10^5} = 89,87 \text{ MPa}$$

Normálové napětí kolmé k rovině nebezpečného průřezu

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{89,87}{\sqrt{2}} = 63,55 \text{ MPa}$$

Smykové napětí v rovině nebezpečného průřezu, kolmé na osu tvaru

$$\tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{89,87}{\sqrt{2}} = 63,55 \text{ MPa}$$

Podmínka (7.1)

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{63,55^2 + 3 \times (63,55^2 + 25,85^2)} \leq \frac{490}{0,9 \times 1,25}$$

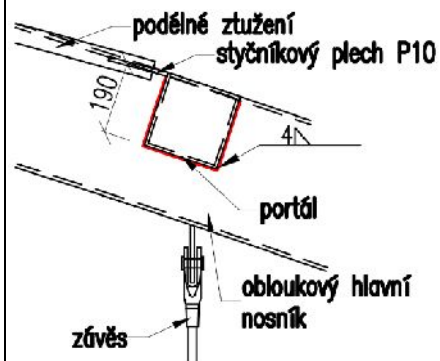
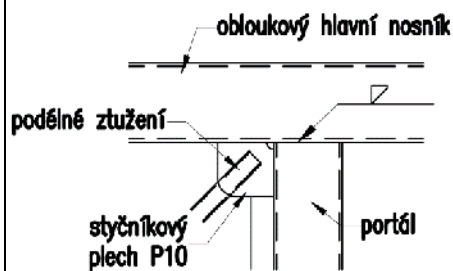
$$134,76 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka (7.2)

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$63,55 \leq \frac{490}{1,25}$$

$$63,55 \text{ MPa} \leq 392,00 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$



## 11.1. Připojení portálu k obloukovému hlav. nosníku

### 11.1.1. Vnitřní síly

Posudek	Kombinace	Vnitřní síly	Hodnota	Jednotky
Smyk	66	V	5,95	kN
Ohyb		M	56,07	kNm

### 11.1.2. Posouzení svaru

Působení posouvající síly

Smyková síla

$$V_{Ed} = 5,95 \text{ kN}$$

Tloušťka svaru

$$a = 5,00 \text{ mm}$$



*Délka svaru*

$$L = 190,00 \text{ mm}$$

*Počet svarů ve směru rovnoběžném s posouvající silou*

$$n = 2$$

*Smykové napětí v rovině nebezpečného průřezu, rovnoběžné s osou tvaru*

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{a \times L \times n} = \frac{5,95 \times 10^3}{5,00 \times 190,00 \times 2} = 3,13 \text{ MPa}$$

*Působení ohybového momentu*

*Ohybový moment*

$$M_{Ed} = 56,07 \text{ kN}$$

*Moment setrvačnosti obrazce svarů (stanoveno v sw AutoCAD)*

$$I_y = 1,22 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

*Vzdálenost těžiště*

$$z = 65,00 \text{ mm}$$

*Průřezový modul obrazce svarů*

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{1,22 \times 10^7}{65,00} = 1,87 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

*Napětí od ohybového momentu*

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{W_y} = \frac{56,07 \times 10^3}{1,87 \times 10^5} = 299,35 \text{ MPa}$$

*Normálové napětí kolmé k rovině nebezpečného průřezu*

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{299,35}{\sqrt{2}} = 211,68 \text{ MPa}$$

*Smykové napětí v rovině nebezpečného průřezu, kolmé na osu tvaru*

$$\tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{299,35}{\sqrt{2}} = 211,68 \text{ MPa}$$

*Podmínka (7.1)*

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{211,68^2 + 3 \times (211,68^2 + 3,13^2)} \leq \frac{490}{0,9 \times 1,25}$$

$$\underline{\underline{423,39 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}}}$$

Podmínka (7.2)

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$211,68 \leq \frac{490}{1,25}$$

$$\underline{\underline{211,68 \text{ MPa} \leq 392,00 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}}}$$



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

**LÁVKA PRO PĚŠÁKY V KYJOVĚ**  
FOOTBRIDGE IN KYJOV

## **ČÁST D – TECHNICKÁ ZPRÁVA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**                      Bc. Jan Malešák  
AUTHOR

**VEDOUcí PRÁCE**                      Ing. JAN BARNAT, Ph.D.  
SUPERVISOR

**BRNO 2017**

Obsah

1.	Úvod .....	2
2.	Všeobecné údaje .....	2
2.1.	Identifikační údaje .....	2
2.2.	Údaje o křížení .....	2
2.3.	Základní údaje o mostě .....	2
2.4.	Charakter překážky a převáděné komunikace .....	3
3.	Územní podmínky .....	3
4.	Geologické podmínky .....	3
5.	Technické řešení .....	3
5.1.	Obloukové hlavní nosníky .....	3
5.2.	Hlavní nosníky mostovky .....	3
5.3.	Příčníky .....	4
5.4.	Podmostovkové ztužení .....	4
5.5.	Portál .....	5
5.6.	Příčle .....	5
5.7.	Ztužení HP .....	5
5.8.	Závěsy .....	6
5.9.	Uložení mostu .....	6
5.10.	Mostovka .....	6
6.	Příslušenství .....	6
6.1.	Hydroizolační systém – Auto-Gard II .....	6
6.2.	Odvodnění .....	6
6.3.	Zábradlí .....	7
6.4.	Mostní závěr .....	7
6.5.	Materiál .....	7
7.	Povrchová úprava konstrukce .....	7
7.1.	Ochrana konstrukce .....	7
7.2.	Úprava povrchu v místě svaru .....	8
7.3.	Protipožární ochrana .....	8
8.	Údržba konstrukce .....	8
9.	Postup montáže .....	8
10.	Výkaz materiálu .....	9
11.	Seznam použité literatury .....	9
11.1.	Normy .....	9
11.2.	Internet .....	9



## **1. Úvod**

Téma diplomové práce je vypracování návrhu nosné konstrukce lávky pro pěší a cyklisty přes železniční trať v Kyjově. Minimální rozpětí lávky je 18 m. Nosná konstrukce bude vypracována ve dvou předběžných variantách. Následně bude vybraná varianta detailně posouzena. Nosná ocelová konstrukce bude navržena z oceli S355 nebo S420. S vjezdem obslužného vozidla nebude uvažováno.

Výstupy budou porovnání obou variant, statický výpočet vybrané varianty, technická zpráva a výkresová dokumentace v rozsahu specifikovaném vedoucím práce.

## **2. Všeobecné údaje**

### **2.1. Identifikační údaje**

Název stavby:	Lávka pro pěší v Kyjově
Druh stavby:	Novostavba
Převáděná komunikace:	Lávka pro pěší a cyklisty
Překážka:	Železniční trať Uherské Hradiště – Brno
Obec:	Kyjov
Kraj:	Jihomoravský
Katastrální území:	Kyjov
Objednatel:	Město Kyjov Masarykovo náměstí 30/1 697 01 Kyjov 1
Projektant:	Bc. Jan Maleňák

### **2.2. Údaje o křížení**

Staničení železniční trati:	Km 69,135
Překážka:	Železniční trať Uherské Hradiště – Brno
Úhel křížení:	cca 84 °

### **2.3. Základní údaje o mostě**

Charakteristika mostu:	Ocelová lávka pro pěší a cyklisty je tvořena ze dvou obloukových hlavních nosníků, dvou hlavních nosníků mostovky, které jsou spojeny s obloukem pomocí závěsů. Prvková mostovka se skládá z příčníků, na kterých je uložena železobetonová deska. Lávka je vyztužena podmostovkovým ztužením a ztužením obloukových nosníků. Lávka je opatřena zábradlím. S vjezdem obslužného vozidla nebude uvažováno.
Délka nosné konstrukce:	35,62 m
Délka přemostění:	34,03 m
Rozpětí konstrukce:	35,00 m
Šířka konstrukce:	3,94 m
Volná šířka konstrukce:	2,78 m

## **2.4. Charakter překážky a převáděné komunikace**

Lávka překonává úsek železniční trati Uherské Hradiště – Brno v km 69,135. Celkem se železniční trať skládá ze 4 kolejí při osové vzdálenosti dvou krajních kolejí 13,75 m. V celé délce je zachován VMP. Trať se nachází v intravilánu města Kyjov.

Půdorysně je lávka vedena v přímé. Podélný sklon nivelety je nulový. Příčný sklon na lávce je střešovitý a to 2,5 %.

## **3. Územní podmínky**

Lávka se nachází v intravilánu města Kyjov. Přemostovaná železniční trať spadá pod Správu železničních dopravních cest. Lávka spojuje komunikaci na ulici pod Kohoutkem a komunikaci na ulici Lidická.

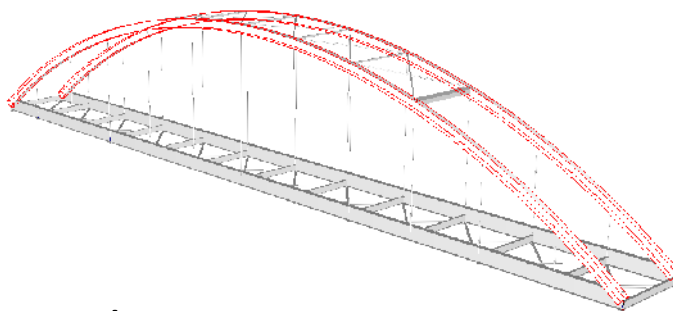
## **4. Geologické podmínky**

Geologické průzkum nebyl proveden. Spodní stavba není součástí tohoto projektu.

## **5. Technické řešení**

### **5.1. Obloukové hlavní nosníky**

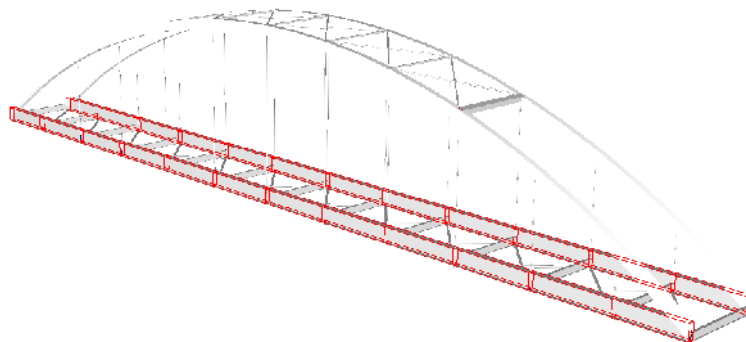
Oba obloukové hlavní nosníky jsou tvořeny uzavřeným, svařovaným průřezem. Teoretické rozpětí nosníků je 35 m a vzepětí 6 m. Délka obloukových hlavních nosníků je 37,68 m. Celkem je každý oblouk rozdělen 4 montážními styky. Dva montážní styky jsou nad uložením NK a další dva rozdělují oblouk přibližně na třetiny. Montážní styk bude proveden tupým svařem. Na obou koncích na styku s hlavním nosníkem mostovky je oblouk vyztužen a rozšířen. Zavětrování obou obloukových nosníků je provedeno pomocí portálů, příčlů a podélného ztužení. Hlavní nosníky mostovky jsou spojeny s obloukovými hlavními nosníky pomocí závěsů Macalloy.



### **5.2. Hlavní nosníky mostovky**

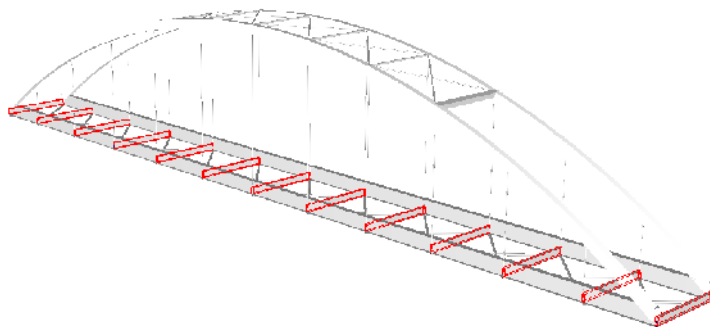
Hlavní nosníky mostovky tvoří svařovaný I profily o výšce 0,60 m a šířce 0,22 m. Teoretické rozpětí hlavních nosníků je 35 m. Hlavní nosníky jsou rozděleny celkem třemi montážními styky. Přičemž montážní styky na krajích jsou ve vzdálenosti 1,30 m od okraje OK. Třetí montážní styk rozděluje hlavní nosník na dvě stejně dlouhé části o délce 16,51 m. Montážní styky budou stejně jako u obloukových hlavních nosníků provedeny tupými svařem. Na koncích v místě vyztužení je horní pásnice ukončená v místě křížení s obloukovým hlavním nosníkem, spodní pásnice pokračuje až na konec OK a stojina, která prochází dál skrz obloukový hlavní

nosník, plní zároveň funkci vyztužení. Na hlavní nosníky jsou pomocí styčnickových plechů přivařeny příčníky a podmostvkové ztužení. Hlavní nosníky budou také opatřeny výztuhami nad příčníky a to z důvodu vytvoření spádu a pro možnost položení hydroizolačního systému a umožnění odvodnění lávky.



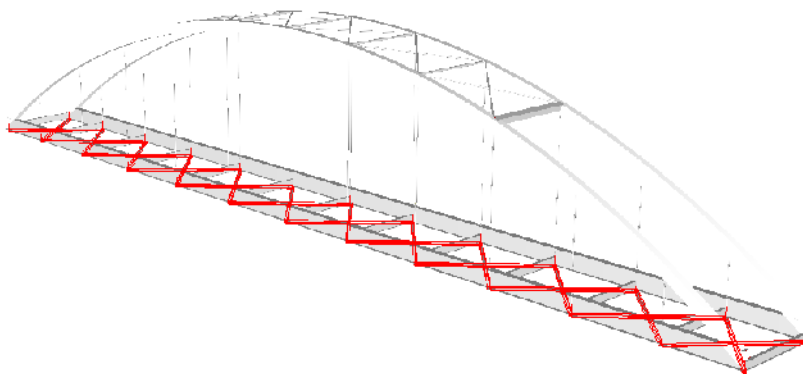
### 5.3. Příčníky

Příčníky jsou tvořeny svařovanými I profily o výšce 0,26 m a šířce 0,10 m. K hlavním nosníkům jsou přivařeny koutovým svarem v celém obvodu. Spodní pásnice je ve vzdálenosti 0,27 m od stojiny hlavního nosníku mostovky ukončená a přechází ve styčnickový plech, který zároveň tvoří spodní pásnici hlavního nosníku mostovky a na který je připojeno podmostvkové ztužení. Na příčníky je pomocí závitotvorných šroubů připojen trapézový plech, na který je uložena železobetonová deska. Krajiní příčníky jsou ve vzdálenosti 2,5 m dále pak po osových vzdálenostech 3,0 m.



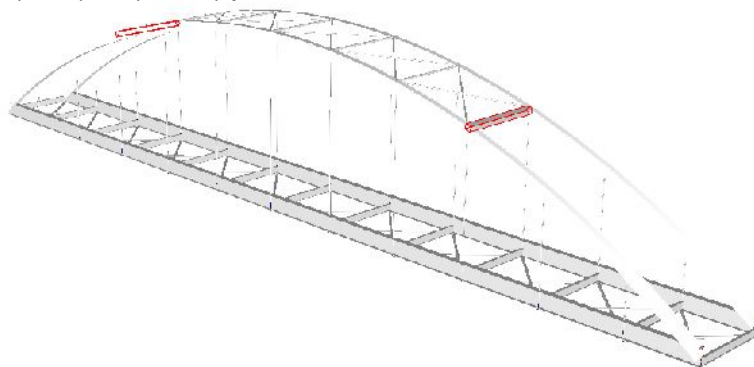
### 5.4. Podmostvkové ztužení

Podmostvkové ztužení je tvořeno kruhovou trubicou TR 88,9/5,0. Připojení k hlavním nosníkům mostovky je provedeno pomocí styčnickového plechu, ke kterému je trubka přivařena koutovým svarem o celkové délce 50 mm. Trubky jsou tedy naříznuté, nasazené na styčnickový plech a následně přivařené. V místě křížení je jeden prut průběžný a druhý je přivařený pomocí styčnickových plechů.



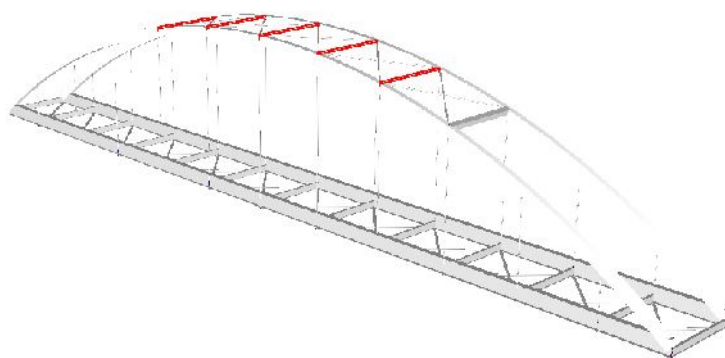
### 5.5. Portál

Oba portály jsou ze svařovaných, uzavřených, čtvercových profilů a délce hrany 0,20 m. K obloukovému hlavnímu nosníku jsou ze třech stran přivařeny koutovým svařem a shora zabroušeným tupým svařem. Na krajích jsou k portálům přivařené styčnickové plechy, na které je připojeno podélné ztužení obloukových hlavních nosníků. Světlá výška pod portály je 4,30 m.



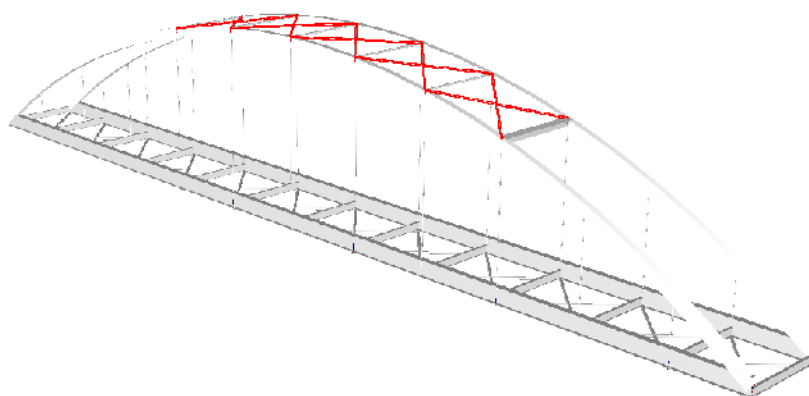
### 5.6. Příčle

Příčle tvoří kruhové trubky 76,1/4,0. Délka trubek je 2,71 m a jsou k obloukovým hlavním nosníkům připojeny pomocí styčnickových plechů. Styčnickové plechy se celkem skládají ze 3 částí, které jsou od sebe odkloněny o úhel cca 176 °. Tento odklon je proveden kvůli připojení podélného ztužení obloukových hlavních nosníků.



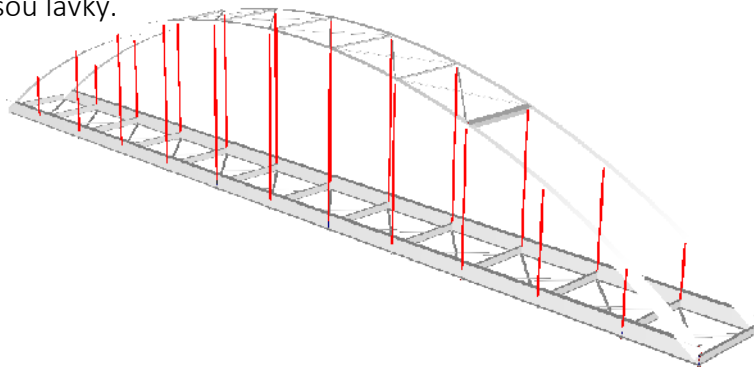
### 5.7. Ztužení HP

Ztužení Obloukových hlavních nosníků (HP – horního pásu) je tvořeno kruhovými trubkami TR 50,0/4,0, které jsou k obloukovým hlavním nosníkům připojeny pomocí styčnickových plechů, na který jsou nasazeny a následně přivařeny koutovým svařem. Jeden prut je průběžný a prut, který ho křížuje je připojen pomocí dvojice styčnickových plechů.



### 5.8. Závěsy

Závěsy jsou provedeny pomocí táhel Macalloy M24, o průměru táhla 22 mm. Táhla jsou zakončena koncovkami FA24 a připojeny ke styčnickovému plechu pomocí čepu PA24. K obloukovému hlavnímu nosníku i k hlavnímu nosníku mostovky jsou připojeny pomocí styčnickových plechů, které jsou na tyto hlavní nosníky navařeny tak, že půdorysně svírají úhel 90 °. Na hlavní nosník mostovky jsou tedy přivařeny ve směru rovnoběžném s osou lávky.



### 5.9. Uložení mostu

Uložení mostu je provedeno na elastomerová ložiska. Ložiska byla navržena na příslušné horizontální a vertikální síly. Celkem jsou použity 4 druhy ložisek. Jedno pevné v obou směrech, dvě ložiska pevná v jednom směru a jedno ložisko volné. Vzhledem k poměrně velké šířce ložisek je provedeno rozšíření styčnickových plechů na koncích hlavních nosníků mostovky a doplnění vyztužení z plechu P10.

### 5.10. Mostovka

Mostovka se skládá ze železobetonové desky o průměrné tloušťce 140 mm. Tloušťka desky se pohybuje od 100 do 215 mm a to kvůli uložení na trapézový plech TR 84/273. ŽB deska bude mít střechovitý příčný sklon 2,5 %. Beton použitý na ŽB desku je C25/30 a je doplněn o betonářskou výztuž B500. Byla navržena výztuž o průměru Ø10 mm a rozdělovací výztuž o průměru Ø6 mm. Trapézový plech bude k příčnicům připojen závitotvornými šrouby. Je tedy nutné do příčniců předvrtat otvory pro šrouby po předepsaných vzdálenostech.

## 6. Příslušenství

### 6.1. Hydroizolační systém – Auto-Gard II

Na ŽB desku bude položen hydroizolační systém o tloušťce 2 mm. Tento hydroizolační systém je s protiskluznou úpravou křemičitého vsypu různých zrnitostí a rovněž na základě přání zákazníka i ve variabilním barevném provedení. Při pokládání hydroizolační vrstvy bude tato izolace položena až ke stojinám hlavního nosníku mostovky.

### 6.2. Odvodnění

Odvodnění bude provedeno pomocí drenážního pásu – DRENKAR. Jedná se o geokompozit, který bude uložen v drenážním kanálku u hlavních nosníků mostovky. Volný konec bude zaústěn v místě krajního

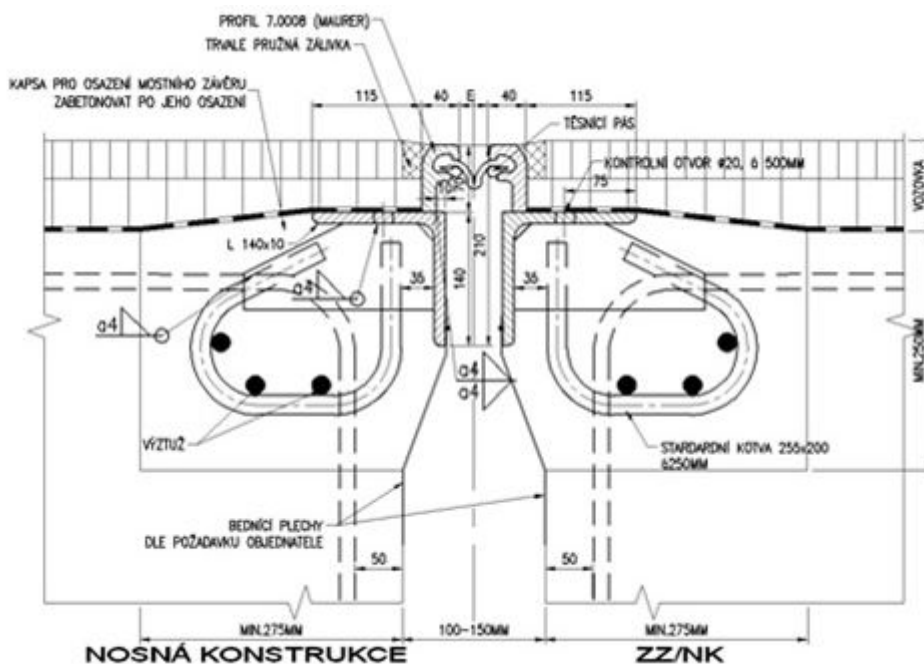
příčnicku do odvodňovacího zařízení z přilehlé spodní stavby. Díky schopnosti vytáhnout vodu i do protispádu, bude uloženo do drenážního kanálku o konstantní hloubce.

### 6.3. Zábradlí

Na lávce i na přiléhající spodní stavbě bude osazeno zábradlí při dodržení minimální výšky 1,10 m nad niveletou. Zábradlí je tvořeno rámem z kruhové trubky o průměru 30 mm a výplňových ocelových prutů o průměru 10 mm.

### 6.4. Mostní závěr

Na přechod mezi NK a přiléhající spodní stavbou bude použit mostní závěr D80 od firmy Cirmon. Jedná se o těsněný mostní závěr skládající se z krajových profilů a jediného těsnícího profilu, který nepřenáší pohyblivé zatížení a je vodotěsný. Standardní provedení mostního závěru je pro výšku vozovky v místě mostního závěru 70mm (O1), kdy se použije typový F profil Maurer 70x40mm z oceli S235J2 +N.



### 6.5. Materiál

Jako základní materiál pro výrobu ocelové konstrukce bude použita ocel třídy S355 J2 N ( $f_u=490$  Mpa). Nosné svary jsou provedeny jako dílenské a jsou minimální výšky 3mm, pokud není uvedeno jinak. Svary prováděné na stavbě se budou řídit dle příslušných technologických postupů.

## 7. Povrchová úprava konstrukce

### 7.1. Ochrana konstrukce

Protikorozní ochrana a nátěry musejí být provedeny v souladu s platnými normami. Systém povrchové protikorozní ochrany včetně odstínu nátěru bude stanovený investorem. Je nutné dodržovat tloušťku

nátěru podle pokynů udávaných výrobcem. Po dokončení výstavby je nutné případné poškození ochrany obnovit. Třída provedení je dle ČSN EN 1090 – 2 EXC3.

## **7.2. Úprava povrchu v místě svaru**

Povrch konstrukce v blízkosti svaru musí být opatřen ochranou, která nebude ovlivňovat provedení a kvalitu svaru. Takto ošetřený povrch musí být do vzdálenosti min 150 mm od svaru.

## **7.3. Protipožární ochrana**

Protipožární ochrana bude zajištěna aplikací protipožárních nátěrů nebo obkladů. Podrobné informace protipožární ochrany budou uvedeny v samostatné projektové dokumentaci.

## **8. Údržba konstrukce**

Konstrukce musí být po dobu své životnosti pravidelně udržována a kontrolována, Tato kontrola musí být provedena min jednou za 4 roky. Kontrolu provede odborně způsobilá osoba.

## **9. Postup montáže**

Nejdříve bude provedena spodní stavba. Na straně ulice pod Kohoutkem je nivelet chodníku pod sklonem 8,3 % a bude zřízena jedna mezipodesta o délce 2,0 m. Na druhé straně NK, kde bude lávka napojena na komunikaci na ulici Lidická, bude nejdříve vybetonována spodní stavba. Ta bude mít konstantní sklon 8,3 % a budou na ní vybudovány mezipodesty po předepsaných vzdálenostech. Následně se provede betonáž pilíře, na který bude uložena jak ocelová NK, tak betonová deska, která bude přemostovat silniční komunikaci na ulici Lidická. Ocelová nosná konstrukce bude vyrobena v dílně a na místo bude přepravena nákladní dopravou. Před zahájením stavby samotné NK budou postaveny montážní podpěry, na které bude dočasně položena NK. Výstavba NK začne uložením a svařením hlavních nosníků mostovky, na které budou přivařeny příčníky a podmostovkové ztužení. Následně se provede osazení a svaření obloukových hlavních nosníků, které se skládají celkem ze 6 částí. Hlavní nosníky mostovky i obloukové hlavní nosníky budou osazeny pomocí jeřábů. Obloukový hlavní nosník a hlavní nosník mostovky bude spojen závěsy Macalloy. Závěsy budou osazovány střídavě z obou stran. Následně se provede zavětrování obloukových nosníků. Provede se osazení portálů, příčlů a podélného ztužení. Poté bude osazen trapézový plech, na který se položí výztuž ŽB desky a následně provede betonáž. Betonáž se bude provádět současně z obou stran NK, kvůli rovnoměrnému namáhání konstrukce. Po zatuhnutí betonu se provede odvodnění a položí se hydroizolační systém. Nakonec se provede osazení zábradlí na NK i na přiléhající betonové desce a spodních stavbách.



## 10. Výkaz materiálu

Položka č.	Název prvku	Označení průřezu	Počet prutů	Celk. délka [m]	Měr. hmotn. [kg/m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Celk. hmotn. [t]
1	Obloukový hlav. Nos.	TO 360/220/10/10/10/10	2	75,49	87,92	87,57	6,64
2	Hlav. nos. Mostovky	IS 550/220/10/10	24	70,00	76,15	137,20	5,33
3	Příčníky	IS 260/100/8/10	13	39,00	30,77	35,26	1,20
4	Podmostovkové zt.	RO 88.9x5.0	24	100,47	10,36	28,03	1,04
5	Závěsy	RD 22	22	27,17	2,98	6,68	0,29
6	Portály	TO 200/200/8/8/8/8	2	6,00	48,23	4,80	0,29
7	Příčle	RO 76.1x4	5	15,00	7,11	3,59	0,11
8	Ztužení HP	RO 50x4	12	51,35	4,54	8,07	0,23
celkem Σ							15,13

## 11. Seznam použité literatury

### 11.1. Normy

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, Praha: ČNI, 2004, 44 stran
- [2] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem, Praha: ČNI, 2007, 124 stran
- [3] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou, Praha: ČNI, 2005, 152 stran
- [4] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Praha: ČNI, 2006, 96 stran
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-5: Boulení stěn, Praha: ČNI, 2008, 56 stran
- [6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků, Praha: ČNI, 2008, 128 stran
- [7] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 2: Ocelové mosty, Praha: ČNI, 2008, 102 stran

### 11.2. Internet

- [8] Závěsy Macalloy. Dostupné z: <http://www.tension.cz/produkty/tahla-macalloy>
- [9] Elastomerová ložiska. Dostupné z: <http://www.svp-mosty.cz/>
- [10] Mostní závěr. Dostupné z: <http://www.cirmon.cz/>
- [11] Hydroizolační systém. Dostupné z: <http://strupl.cz/>
- [12] Drenážní odvodnění. Dostupné z: <http://www.ebk.cz/>